

**EVALUACIÓN DE LA PROPAGACION VEGETATIVA DEL BALSO BLANCO
Heliocarpus americanus H. B. K. EN LA VEREDA LA MERCED, MUNICIPIO
DE LA UNIÓN DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**ALFREDO HECTOR AROCA GAVIRIA
DELFRY MONTILLA JARAMILLO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO- NARIÑO
2006**

**EVALUACIÓN DE LA PROPAGACION VEGETATIVA DEL BALSO BLANCO
Heliocarpus americanus H. B. K. EN LA VEREDA LA MERCED, MUNICIPIO
DE LA UNIÓN DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**ALFREDO HECTOR AROCA GAVIRIA
DELFRY MONTILLA JARAMILLO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de Tesis
GERMAN CHAVES I.A Esp.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO- NARIÑO
2006**

" Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores"

"Artículo 1ro del acuerdo No 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño"

Nota de Aceptación:

Germán Chaves I.A Esp.
Presidente de Tesis

Héctor Ordóñez I.F M.Sc
Jurado

Carlos Mosquera I.A M.Sc
Jurado Asesor

Jesús Castillo I.A M.Sc
Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2006

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Germán Chávez I.A. Esp. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por su colaboración en el proceso de investigación, como Presidente de Tesis.

Héctor Ordóñez I.F M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por su colaboración como Jurado Delegado.

Carlos Mosquera I.A. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por su colaboración como integrante del Jurado.

Jesús Castillo I.A M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por su colaboración como integrante del Jurado.

Facultad de Ciencias Agrícolas, por servir como base e incentivo para culminar satisfactoriamente la carrera.

DEDICATORIA

A Dios porque me ha dado la fortaleza de salir adelante, por ser mi guía y por estar conmigo en cada uno de los días de mi vida.

A mi hijo por ser el motivo principal de mi existencia.

A mis padres porque me han brindado el apoyo, han sido una guía de honestidad, motivo de lucha, esfuerzo y por su amor incondicional.

A mis hermanos por su constante apoyo, por su motivo de perseverancia y dedicación.

A mis compañeros por su ejemplo de lucha y dedicación.

Alfredo Héctor Aroca

DEDICATORIA

A mis padres por valioso e incondicional apoyo, amor, sinceridad y el magnífico ejemplo que me han brindado.

A mis hermanas por su comprensión y el valioso aporte al ayudarme a salir adelante.

A mis sobrinos por el inmenso amor que me tienen.

Delfry Montilla Jaramillo.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION	19
MARCO TEORICO	21
1.1 GENERALIDADES	21
1.1.1 Agroforestería para la producción Agropecuaria	21
1.1.2 Ventajas de los árboles en los agroecosistemas	21
1.2 BALSO BLANCO	22
1.2.1 Clasificación taxonómica	22
1.2.2 Usos e importancia de la especie	23
1.2.3 Descripción	24
1.2.4 Distribución natural	25
1.2.5 Fenología	26
1.2.6 Comportamiento en vivero	26
1.2.7 Proyecciones	26
1.3 PROPAGACIÓN VEGETATIVA O ASEXUAL	27
1.3.1 Ventajas de la propagación vegetativa o asexual	27
1.3.2 Limitaciones de la propagación vegetativa o asexual	28
1.3.3 Propagación vegetativa en especies forestales	29
1.4 PROPAGACIÓN POR ESTACAS	30
1.4.1 Factores de enraizamiento	31
1.4.1.1 Edad de la planta	31

1.4.1.2 Selección de los árboles	31
1.4.1.3 Estado de lignificación	31
1.4.1.4 Época de colecta de las estacas	32
1.4.1.5 El sustrato	32
1.4.1.6 Condiciones climáticas	33
1.4.1.7 Luz	33
1.4.1.8 Metodología de producción	33
1.4.2 Tipos de estacas	34
1.4.3 Reguladores de crecimiento	34
1.4.3.1 Auxinas	35
1.4.3.2 Tratamientos de las estacas con reguladores de crecimiento	35
2. MATERIALES Y METODOS	38
2.1 Localización del área de estudio	38
2.2 Diseño estadístico	39
2.2.1 Tratamientos	39
2.3 TRABAJO DE CAMPO	40
2.3.1 Recolección del material Vegetal	40
2.3.2 Preparación y siembra del material	41
2.3.3 Sustrato	42
2.3.4 Riego	42
2.3.5 Labores culturales y control fitosanitario	42
2.4 PARAMETROS DE EVALUACION	43
2.4.1 Brotación de raíces	43

2.4.2 Brotación de yemas	43
2.4.3 Formación de hojas	43
2.4.4 Mortalidad	43
2.4.5 Evaluación estadística	44
3. RESULTADOS Y DISCUSION	45
3.1 BROTACION DE RAICES	45
3.1.1 Análisis para el Factor A (Tipos de Estaca)	45
3.1.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales)	46
3.1.3 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos)	48
3.2 BROTACION DE YEMAS	49
3.2.1 Análisis para el Factor A (Tipos de Estaca)	49
3.2.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales)	49
3.2.3 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos)	51
3.3 FORMACION DE HOJAS	52
3.3.1 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos)	52
3.4 MORTALIDAD	57
3.4.1 Análisis para el Factor A (Tipos de Estaca)	57
3.4.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales)	58
3.4.3 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos)	59
4. CONCLUSIONES	60
5. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFIA	62
ANEXOS	65

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Mapa de campo utilizado en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats) en la vereda La Merced, Municipio de la Unión, Departamento de Nariño.	39
Figura 2. Recolección de estacas de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	40
Figura 3. Instalación del vivero.	41
Figura 4. Brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar tres tipos de estacas, basal, media y apical.	46
Figura 5. Brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar cuatro tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.	47
Figura 6. Brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	48
Figura 7. Brotación de yemas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar cuatro tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.	50
Figura 8. Brotación de yemas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	51
Figura 9. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar Estacas Basales (Factor A1) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B).	53
Figura 10. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar Estacas Medias (Factor A2) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B).	54
Figura 11. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar Estacas Apicales (Factor A3) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B)	55

Figura 12. Formación de hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats)	56
Figura 13. Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar tres tipos de estacas basal, media y apical.	58
Figura 14. Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats), obtenida al evaluar cuatro tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.	59

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Análisis de varianza para la variable brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	66
Anexo B. Prueba de Tukey, realizada para el Factor A (Tipo de Estaca) y para el Factor B (Concentraciones Hormonales) en la variable Brotación de Raíces en Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	67
Anexo C. Análisis de varianza para la variable Brotación de Yemas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	68
Anexo D. Prueba de Tukey Factor B (concentraciones hormonales), en la variable Brotación de Yemas en Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	69
Anexo E. Análisis de varianza para la variable Formación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	70
Anexo F. Prueba de Tukey para La interacción A x B, (A: tipo de estacas; B: concentraciones hormonales), en la variable Formación de Hojas en Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	71
Anexo G. Análisis de varianza para la variable Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	72
Anexo H. Prueba de Tukey, realizada para el Factor A (Tipo de Estaca) y para el Factor B (Concentraciones Hormonales) en la variable Mortalidad en Balso blanco (<i>Heliocarpus americanus</i> Wats).	73

GLOSARIO

AGROFORESTERÍA¹: es el nombre colectivo para designar los sistemas de uso del suelo, en donde se asocian las leñosas perennes (árboles, arbustos, etc.) con los cultivos agrícolas y/o animales, en un arreglo espacial con o sin rotación, y en los cuales se dan interacciones ecológicas y económicas entre sus componentes.

APICAL²: sección de la rama perteneciente o relativo al ápice o punta, o localizada en ellos.

BASAL²: se dice del segmento situado en la base de una rama.

ENRAIZAMIENTO²: consolidación, arraigo, en la propagación por estacas se entiende como la propiedad de arraigar, (echar raíces).

ESTACA²: rama o palo verde sin raíces que se planta para que se haga árbol.

FITOHORMONA³: hormona vegetal; sustancias químicas que activan o deprimen determinados procesos fisiológicos, interactuando entre si, el desarrollo vegetal tanto en el crecimiento como en la diferenciación se encuentra regulado por estas sustancias.

FITOREGULADOR³: compuesto químico capaz de intervenir en el metabolismo, que actúa en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso del desarrollo. Los fitoreguladores pueden ser sintéticos o naturales si los produce la misma planta.

GENOTIPO⁴: conjunto de genes característicos de cada especie vegetal o animal. La realización posible de un genotipo en un determinado ambiente constituye un fenotipo.

HORMONA³: fitoregulador natural que tiene acción en un lugar de la planta distinto de donde se produce. Existen varios grupos de hormonas, el más conocido es el de las auxinas.

LIGNIFICACION⁴: formación de una cantidad de lignina en los tejidos de plantas leñosas en su fase adulta.

PLAGIOTROPICO⁴: respuesta gravitacional que resulta en un crecimiento del tallo mas o menos horizontal.

PROPAGACIÓN²: multiplicar por generación u otra vía de reproducción.

TOPOFISIS⁴: alteración del desarrollo normal de un individuo propagado vegetativamente.

YEMA²: brote embrionario de los vegetales constituido por hojas o por esbozos foliares a modo de botón escamoso del que se desarrollarán ramas, hojas y flores.

Fuente:

¹ Eduardo Somarriba. Planificación agroforestal de fincas.

² Enciclopedia Encarta, www.encarta.com

³ Manuel Rojas, Fisiología Vegetal aplicada.

⁴ Diccionario de la biodiversidad www.inbio.ac.cr/es/biodiccionario/default.html_12k

RESUMEN

La presente investigación se realizó en La Vereda La Merced, Municipio de La Unión, Departamento de Nariño, con el objeto de evaluar la propagación por estacas del Balso blanco (*Heliconia americana*, Wats), especie forestal nativa de los Andes Colombianos y de importancia en la protección de cuencas hidrográficas y regeneración de bosques, que se ve amenazada por un uso inadecuado dentro del proceso de purificación del jugo de la panela y la deforestación.

El proceso se realizó bajo condiciones de vivero durante un periodo comprendido entre Diciembre de 2004 y junio de 2005, se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con tres repeticiones y 12 tratamientos en un arreglo bifactorial 3x4 correspondientes a 3 tipos de estacas y 4 concentraciones de ANA.

Se encontró que en la propagación por estacas de balso blanco en lo referente al tipo de estaca (Factor A), los mejores resultados se obtuvieron con las estacas medias tanto en la brotación de raíces con el 39.91% y en la formación de hojas con el 41.6%; en cuanto a los resultados para los tipos de concentración hormonal (Factor B), las concentraciones con 0.3% de ácido naftalenacético, (ANA) obtuvo el 36.31% para brotación de raíces, el 43.3% para brotación de yemas y el 57.29% para formación de hojas (interacción A2B2), catalogándose como la dosis con mejores resultados.

La mayor mortalidad fue registrada por las estacas basales y apicales con porcentajes del 44.69% y 54.46% respectivo para cada una. Paralelamente la concentración de ANA al 0.6% tuvo el 55% de mortalidad y el testigo sin concentración hormonal obtuvo el 57.31%, constituyéndose en los factores evaluados con mayor mortalidad.

Los resultados encontrados indican que en las estacas medias relacionadas a la utilización de bajas concentraciones hormonales (0.3% y 0.4% de ANA), se encuentra un significativo potencial para la propagación por estacas de la especie Balso blanco.

ABSTRACT

This recent research was realized in La Merced Path, Municipality of La Unión – Nariño and the aim of this project was to value the spreading by sticks of White Balso (*Heliocarpus americanus* Wats), native species of Colombian Andes and it is care for protecting the hydrographical basins and for regenerating of forest that are in risk because of bad use into the purification process of panela juice and because of deforestation.

The process was realized under conditions of a nursery during December 2004 and June 2005, also a desing was used at random with trhee repetitions and 12 treatments in an arrangement bifactorial 3 x 4 according to three types of sticks and 4 concentrations of NAA.

It was found that in the spreading by sticks of White Balso, about type of stick (A Factor), the best results were obtained with median sticks as in the putting out of roots 39.91%, and in the formation of leafs 41.6%; on results for te types of hormonal concentrations 0.3% of naftalenacetique acid (NAA) received 36.31% for putting of the roots , 43.3% for putting out of buds and 57.29% for formation of leafs (in A2B2 interaction), and for that reason this doses is the best in results.

The major mortality was recorded by basal sticks and apical sticks with percentages follows 44.69% and 54.46% respectively for each one. Parallelly the concentration of NAA to 0.6% had 55% of mortality and witness without hormonal concentration had 57.31%, and these were the most evaluated factors of mortality.

The found results show that the media related sticks with use of low hormonal concentrations (0.3% and 0.4% of NAA), there is a meaningful potential for spreading by White Balso sticks.

INTRODUCCION

Las especies forestales, constituyen uno de los recursos naturales más importantes utilizados para el beneficio del hombre, por la extracción de madera y otros subproductos como la corteza, el látex, la resinas, el carbón vegetal, etc; sin embargo, se está presentando un gran deterioro de estos importantes recursos por diversas causas, entre ellas, Ramachandran¹ señala a la deforestación, la contaminación del aire y del agua, como principales amenazas de las condiciones ecológicas donde crecen muchas especies vegetales con potencial industrial, nutritivo, bioquímico, medicinal y ornamental; esta situación acompañada al poco conocimiento que se tiene acerca de su comportamiento y su manejo, ha traído consigo una sobreexplotación creciente y una continua degradación de esta irremplazable riqueza.

Es por esta razón, que cada vez es mayor la preocupación a nivel mundial por la conservación del medio ambiente, puesto que el hombre se sirve y se ha beneficiado de él a lo largo de toda su existencia, y a países como Colombia les corresponde una inmensa responsabilidad en el ámbito mundial frente a la conservación de los recursos naturales, por ser un lugar mega diverso.

Al respecto Caicedo² señala que en Colombia durante la última década, las investigaciones sobre las especies que forman parte del bosque natural han adquirido gran importancia, como consecuencia en alguna medida, por las nuevas políticas gubernamentales en materia de recursos naturales, lo cual ha generado alternativas para la conservación y manejo adecuado de las especies de uso múltiple, especialmente aquellas que se están explotando extensivamente o que están en vía de extinción; no obstante, en lo referente a las especies que forman los ecosistemas forestales de la zona Andina se han realizado muy pocos estudios y el conocimiento sobre las potencialidades que presentan estas especies es incipiente.

Particularmente una de esas especies es el Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats), especie leñosa reportada en la mayoría de los municipios del departamento de Nariño, donde la sobreexplotación por parte de los productores de panela puede conllevar a su destrucción parcial o total, esto, según Caicedo³ se refleja

¹ RAMACHANDRAN, P. Agroforestería. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. p. 150.

² CAICEDO, J. Caracterización ecológica y económica del balso, (*Heliocarpus popayanensis* WATS.) en el municipio de Consaca, departamento de Nariño. Pasto. Trabajo de grado (Tecnólogo Forestal). Centro de Educación Superior Maria Goretti. Facultad de Tecnología Forestal , 1999. p.132.

³ Ibid., p.132

en la dificultad para conseguir la corteza de individuos aptos para el aprovechamiento, la cual es utilizada como purificante natural en la elaboración de la panela.

En Nariño, una gran limitante a juzgar por Caicedo⁴ es la escasez de material de propagación de Balso, ya que la mayoría de los arbustos provienen de semillas sexuales que muestran problemas de germinación por el tamaño de las semillas o por que las plantas tardan muchos años para iniciar la producción, adicionalmente la semilla no germina en condiciones naturales adecuadas y es difícil su propagación a través de esta vía, aún más en condiciones naturales de su entorno, sin embargo, se caracteriza por tener un rápido crecimiento, buena capacidad de protectora de fuentes hídricas, y alta posibilidad de ser adoptada en sistemas agroforestales, en pro de un benéfico socioeconómico y ecológico para la región.

De esta manera surge el interés de buscar alternativas para el mejoramiento, uso y propagación de esta especie en los Municipios paneleros, para que en un futuro no muy lejano podamos ver este árbol en medio de los cañales de nuestras regiones, en consecuencia la propagación por vía asexual tiene especial valor para que los campesinos de las zonas paneleras tengan una nueva alternativa de propagación del balso blanco.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, esta investigación se plantea sobre la base de indagar metodologías adecuadas de siembra de esta especie, por consiguiente el objetivo principal es, evaluar el enraizamiento de estacas basales, medias y apicales de Balso blanco (*Heliconia americana* Wats) a diferentes concentraciones hormonales, en la Vereda la Merced, Municipio de la Unión Departamento de Nariño, con el fin de realizar ensayos que conduzcan a determinar cual es la práctica más adecuada y en la que se obtenga los porcentajes más altos de propagación que serán de mucha utilidad en la promoción y difusión de cultivos de balso blanco, adaptables a las condiciones locales.

⁴ Ibid., p.135

producción de biomasa es una alternativa para disminuir la presión sobre las fuentes de energía fósil, especialmente en países tropicales donde está la mayor capacidad fotosintética; en este sentido la apropiación humana de la producción fotosintética, es de orden del 40%, pues con el crecimiento demográfico en el futuro se demandará el doble de alimentos y se hace urgente un aumento de la producción fotosintética, ante lo cual el autor plantea, entre otras, como una opción para el trópico la asociación de árboles junto con caña y plantas acuáticas, y añade un ejemplo donde afirma que la producción de proteínas con soya es de 1.2 Ton/ha/año, en tanto que con árboles forrajeros como *Trichanthera gigantea*, se obtienen 2 Ton.

AUMENTO DE DIVERSIDAD: el mismo autor⁸, sustenta que la falta de utilización productiva de las especies lleva a su extinción porque requieren de condiciones naturales para realizar su ciclo y es difícil mantenerlas en condiciones artificiales en los bancos de germoplasma, por eso plantea la promoción de la utilización de distintas fuentes de forrajes para alimentación animal, como una estrategia para la preservación de la diversidad biológica.

Gálvez⁹ sugiere entre otras, las siguientes ventajas de la utilización de árboles en los agrosistemas:

- Conservación de la fertilidad del suelo.
- Fuente alimenticia para aves, cerdos, conejos, caballos y bovinos.
- Adaptabilidad.
- Son perennes y absorben CO₂.
- Protegen las fuentes de agua y regulan el ciclo hídrico.

1.2 BALSO BLANCO

1.2.1 Clasificación taxonómica

REINO: *Plantae*

PHYLUM: *Anthophyta*

CLASE: *Dicotyledoneae*

1995. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/waicen/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/montana.htm

⁸ Ibid

⁹ Ibid.

ORDEN: *Malvales*

FAMILIA: *Tiliaceae*

GENERO: *Heliocarpus*

NOMBRE CIENTIFICO: *Heliocarpus americanus* Wats.

SINONIMO: *Heliocarpus popayanensis* H.B.K..

NOMBRES COMUNES: Almengor¹⁰, sugiere los siguientes: Majaguillo, Balso, Ortiguillo, Palo bobo, Pestaña de mula, Majao, Melao, en Colombia; Majagua blanca en Venezuela.

1.2.2 Usos e importancia de la especie. Tradicionalmente del Balso blanco (*Heliocarpus americanus*) se emplea la corteza del tronco, aporreada y disgregada en agua a temperatura ambiente, dentro del proceso de limpieza o purificación del guarapo de caña en la elaboración de la panela. Directamente se emplea la corteza de las ramas libres de hojas, aporreada y de forma de escobilla; para retirar la corteza se golpea todo su contorno y se hala. Para la preparación de una escobilla, de aproximadamente 2 Kg., una persona emplea una hora. La escobilla se utiliza para limpiar los jugos de tres a cuatro cochas en una paila de 500 litros aproximadamente, según lo descrito por Prada¹¹.

En el trabajo de Ortiz¹², sobre el diagnóstico económico y ecológico del Balso el municipio de Samaniego (Nariño), la corteza se extrae tanto de árboles ubicados en bosques y rastrojos, como en las fincas vecinas a los trapiches, y en ocasiones el producto no se vende sino que es cambiado por panelas; para realizar la utilización de la corteza, la edad mínima del balso es de 5 años, teniendo en cuenta la primera floración, y además se debe hacer un corte en el tronco y si segrega un mucílago espeso y la corteza toma un color rojizo, es la época en que se puede aprovechar el árbol. El autor encontró que el 79% de los productores descortezan totalmente el árbol, el 16% cortan los árboles sustentados en la teoría de que la especie tiene un alto rebrote, y el 5% descortezan parcialmente mayor cantidad de individuos para procurar una recuperación rápida del individuo.

Los árboles de Balso tardan siete u ocho meses para cicatrizar cuando se corta la corteza en dominio. Esta especie se encuentra en ambientes silvestres y se desconoce una metodología adecuada para este procedimiento, ya que no existen

¹⁰ ALMENGOR, D. Árboles del canal de Panamá. [en línea]. [Guatemala]. Febrero de 1999. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.condesan.org/arracacha/air2david

¹¹ PRADA, L. Mejoramiento de la calidad de la panela a través del sistema de limpieza de jugos para pequeños y medianos productores. Bogotá, Colombia. 2002. p. 21.

¹² ORTIZ, Mario. Diagnóstico ecológico y económico del Balso blanco (*Heliocarpus americanus*. Wats) utilizado en la purificación de la panela en el Municipio de Samaniego, Departamento de Nariño. Trabajo de grado (Ingeniería Agroforestal). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005. p. 50-51.

estudios puntuales acerca de este tema, además hay un desconocimiento del manejo silvicultural de esta especie antes y después del descortezado.

Prada¹³ sustenta también que: “en Cundinamarca y en pocos trapiches de la Hoya del Río Suárez el material aglutinante es producido en la misma finca, mientras en la gran mayoría de los trapiches de la Hoya del río Suárez este material es comprado o cambiado por miel en el mercado. Se conoció por comentario de los productores, la existencia de un nuevo tipo de comerciante que compra el árbol y lo despoja de toda su corteza trayendo como consecuencia la muerte del árbol”.

De acuerdo a la información recolectada por Ortiz¹⁴, en Samaniego semanalmente se utilizan de 1 a 4 árboles (de una edad promedio de 5 años, DAP de 30.25 cm, y con una altura de 10. 14m) para obtener 30 hasta 130Kg de corteza. Por año en este municipio se descortezan 636 árboles, por lo cual el autor pone en evidencia la necesidad de conservar y darle un manejo adecuado a la especie.

Según Ortiz¹⁵ los productores de panela, comentan que el balsa es una especie multiusos, en donde la utilización de la corteza como materia prima para el “descachazado” es el uso principal, en menor medida se puede utilizar como leña a pesar de sus bajas características como combustible (bajo poder calórico), y escasamente lo utilizan como madera siendo esta liviana y de una densidad baja (0.13 g/cm³), en la fabricación de cajones, formaletas, cajas para tomate y cielo raso entre otros usos, recomiendan evitar el contacto directo con el agua o alta humedad, porque es muy susceptible a la pudrición.

Acero¹⁶ complementa la información al destacar la utilidad del balsa blanco en la fabricación de artesanías, en aeromodelismo, y empaques; afirma también que es una especie de rápido crecimiento muy utilizado en la protección de cuencas y fuentes de agua.

1.2.3 Descripción. De acuerdo a Espinal¹⁷ el Balsa blanco es un árbol que alcanza de 10 a 25 metros de altura con un fuste de 15 metros y de 20 a 80 cm de diámetro. Con una copa muy grande en forma de paraguas, conformada por ramas gruesas e inclinadas, y ramitas terminales cilíndricas y pubescentes de

¹³ PRADA., op. cit., p. 30

¹⁴ ORTIZ, op. cit., p. 58.

¹⁵ Ibid., p. 49.

¹⁶ ACERO, D. Árboles de la zona cafetera de Colombia. Bogotá, Colombia, Fondo Cultural Cafetero, 1985. p. 312-315.

¹⁷ ESPINAL, L. Apuntes sobre flora de la región central del Cauca. Cali, Colombia, Centro de publicaciones Universidad del Valle. 1982. p. 175-176.

buen porte; tronco recto y cilíndrico, ramificado a baja altura. Corteza blanco-grisáceo. Hojas simples, alternas, con tres lóbulos acuminados de 11-24 cm de largo y de 4-20 cm de ancho, con bordes aserrados y base cordada o truncada, pecíolo largo, pubescente; estipulas lanceoladas, caducas. El Balso, deja caer las hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa, las flores son blancas bisexuales o unisexuales visitadas por insectos, el fruto es una cápsula pubescente verde tornándose rojo o rozado al madurar, cubierto de pelos suaves en la superficie exterior y dehiscente en dos valvas.

En la investigación realizada por Ortiz¹⁸, se encontró árboles con 12 m de altura, fuste de 5 m y con DAP (diámetro a la altura del pecho) de 48 cm.; el autor atribuye las diferencias encontradas con Espinal, a la explotación temprana a que es sometida la especie, por parte de los productores de panela de Samaniego, la cual se inicia a los 5 años o con la primera floración del árbol.

De acuerdo a Maecha¹⁹ el nombre genérico (*Heliocarpus americanus*), se forma de la palabra griega “helio,” porque su fruto va en una panícula densa con rayitas lanosas, semejantes a un pequeño sol; los cuales una vez maduros son diseminados por el viento, de tal forma que para recolectar las semillas se debe hacer directamente del árbol antes de su caída.

Respecto a las características de la madera Acero²⁰ adiciona lo siguiente:

- Peso específico: 0.13 g/cm³
- Coeficiente de estabilidad dimensional: 3.31
- Durabilidad natural: poco durable, susceptible a pudrición.
- Peso: liviano

1.2.4 Distribución natural. Maecha²¹ afirma también que este árbol crece mejor en los climas medios de los Andes, donde su área de distribución natural se extiende desde sur hasta Centroamérica. En nuestro país se lo encuentra, en la Sierra Nevada de Santa Marta y en estribaciones de las cordilleras colombianas, en los cafetales y linderos de las zonas que bordean al Valle del Cauca; también

¹⁸ ORTIZ, op. cit., p. 39.

¹⁹ MAECHA, V. Arboles del Valle del Cauca. Bogotá, Colombia, ARCO. 1983. p. 160

²⁰ ACERO., op. cit., p. 313

²¹ MAECHA., op. cit., p. 161

es un árbol notable en los rastrojos, con los que desciende hasta partes planas. El balso (*Heliocarpus americanus*) se desarrolla en un rango altitudinal de 1200 a 1700 m.s.n.m, con una precipitación de 1500 – 2500 mm / año y una temperatura que varía entre 18.5 y 21°C, alternamente en Samani ego Nariño, Ortiz²² reporta árboles desde los 1200 hasta los 2450 m.s.n.m y una temperatura de 11.5 a 22 °C

Al evaluar la vegetación asociada a la especie Ortiz²³, encontró una alta presencia y frecuencia de muchas especies nativas como Pichuelo (*Senna pistaciifolia*), Guayacán (*Lafoensia puniceifolia*), Arrayán (*Myrica popayanensis* H.), Moquillo (*Palaba scabra*) entre otros, lo cual demuestra que esta especie crece al azar y se distribuye de manera irregular en el terreno sin formar masas compactas, lo que permite su asociación ya sea con otras especies arbóreas, cultivos y pastos naturales. Conforme a lo descrito por el autor el área de distribución natural de esta especie se da en las orillas de las fuente hídricas, carreteras y es muy común encontrarlo en las diferentes fases sucesionales de los bosques secundarios, en donde crece a plena exposición solar, catalogándose como una especie heliófita de rápido crecimiento, además se lo puede encontrar distribuido en sitios dedicados a la agricultura, especialmente con pastos, café y en linderos.

1.2.5 Fenología. El anterior autor²⁴, menciona que en estudios realizados con balso (*Heliocarpus americanus*), en la zona cafetera de Colombia, se obtuvo como resultado que en esta especie la floración se da desde mediados de julio a diciembre y la fructificación desde finales de diciembre a mediados de abril.

1.2.6 Comportamiento en vivero. Acerca del Balso blanco, Acero²⁵ indica que por Kg se encuentran 967.742 semillas aproximadamente, el porcentaje de pureza se encuentra en un 57%, se ha determinado que la germinación es de tipo hipógea con un 11% de emergencia, este proceso comienza a los 21 días, donde el punto máximo se presenta el día 9, el periodo total de germinación es de 28 días.

1.2.7 Proyecciones. Con base en el conocimiento empírico de algunos pequeños ganaderos del Municipio de San Lorenzo, Departamento de Nariño el Balso blanco (*Heliocarpus americanus*) demuestra un grado de aceptabilidad de su forraje, por rumiantes, sin demostrar algún tipo de efectos adversos sobre las mismas.

Sin embargo, a pesar de esta información no se puede afirmar que el Balso sea

²² ORTIZ., op. cit., p. 43

²³ Ibid., p. 43

²⁴ Ibid., p. 313

²⁵ ACERO., op. cit., p. 312

considerado una especie forrajera, pues para calificarlo de esta manera Benavides²⁶, afirma que debe reunir ventajas en términos nutricionales, de producción y de versatilidad agronómica sobre otros forrajes tradicionalmente utilizados, es decir, el consumo por parte de los animales debe ser adecuado, con un contenido nutricional atractivo para la producción pecuaria, deben ser tolerantes a la poda y deben tener un rebrote vigoroso. El estudio de una especie forrajera implica seguir determinados parámetros que permiten un mejor aprovechamiento de su potencial, entre ellos están la investigación de la fenología, formas de reproducción y análisis bromatológico, entre otros.

Tomando en cuenta las observaciones de Ortiz²⁷, al considerar la potencialidad agroforestal del Balso blanco, algunos sistemas agroforestales en los cuales puede incluirse, podrían ser: sistemas silvopastoriles, como árbol disperso en los pastizales; en sistemas agrosilvícolas, como setos vivos, para cultivos como el café o la caña.

1.3 PROPAGACION VEGETATIVA O ASEXUAL

Conforme a Margara (1998), citado por Barco²⁸ por propagación vegetativa se entiende la reproducción asexual de plantas a partir de partes de raíz, tallo, hojas o ramas originando plantas genéticamente iguales a la planta original.

1.3.1 Ventajas de la propagación vegetativa o asexual. Según Villalobos, et al²⁹, entre las ventajas de la propagación vegetativa se pueden destacar:

- Los propágulos obtenidos mantienen una condición fisiológica semejante a la del árbol padre ya que contienen la información genética idéntica a la del donante.
- Por medio de estudios intraclonales, se pueden observar de manera eficiente las interacciones, las covarianzas genéticas y ambientales, tales

²⁶ BENAVIDES, Jorge. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. [en línea]. [Cali. Colombia]. Noviembre de 1998. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/bnvdes23.htm

²⁷ ORTIZ., op. cit., p. 48

²⁸ BARCO, C. E. Propagación In Vitro de la especie forestal *Swietenia macrophylla* a partir de segmentos nodales juveniles. Tesis de postgrado (Biología). Santa Fe de Bogotá D.C, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Biología, 1998. p. 45.

²⁹ VILLALOBOS, V., TREVOR, A., y YEUNG, E. Aplicaciones del cultivo de tejidos en especies forestales. México, Editorial Ciencia y Desarrollo, 1983. p. 43-49.

como la competencia entre árboles adyacentes, las relaciones huésped patógeno y la simbiosis con micorrizas.

- Se reduce el tiempo desde la siembra hasta el corte de los árboles, disminuyendo los costos de inversión y de producción.
- Los clones seleccionados artificialmente pueden emplearse en plantaciones comerciales.

1.3.2 Limitaciones de la propagación vegetativa o asexual. Entre las limitaciones Barco³⁰, nombra las siguientes:

- La propagación vegetativa se limita u obstaculiza, por el desconocimiento sobre el comportamiento de muchas especies; hacen falta programas de investigación para determinar la viabilidad de ser propagadas vegetativamente por algún sistema.
- Los métodos tradicionales de propagación ex Vitro, están limitados en la capacidad de controlar el desarrollo posterior de las partes propagadas, obteniéndose una regeneración natural impredecible a largo plazo de producción y cosecha.
- Por propagación asexual busca principalmente la multiplicación de árboles élite, pero presenta inconvenientes dependiendo del genotipo y edad del árbol, especialmente cuando se enraízan estacas, fascículos e injertos, encontrándose que en algunas especies latifoliadas se produce el crecimiento plagiotrópico cuando se utilizan ramas maduras.
- En la propagación asexual de árboles mejorados se producen semillas, sin embargo, la descendencia no muestra las características favorables de los progenitores o se manifiesta una composición florística no siempre deseable.
- Se puede presentar a veces, el fenómeno de “topófisis” en los propágulos obtenidos por estacas e injertos de yemas o ramas laterales.
- Los costos de producción de algunos sistemas especialmente el cultivo de tejidos no permiten hacer extensivo el uso de la propagación vegetativa en muchas especies.
- Las estacas van perdiendo la capacidad de enraizar a medida que el árbol de origen es más viejo; es necesario que los árboles portadores de estacas

³⁰ BARCO, C. op. cit., p. 47

sean lo suficientemente maduros para que expresen las características deseadas, la velocidad y el porcentaje de enraizamiento, longitud y número de raíces así como el crecimiento declinan considerablemente cuando los árboles padre sobrepasan los 10 años de edad, agregan Villalobos, et al³¹.

1.3.3 Propagación vegetativa de especies forestales. Informaciones sobre propagación vegetativa, en general, de especies foráneas como coníferas y eucaliptos se reportan en trabajos de diversos autores. En especies vegetales tropicales se han realizado algunos ensayos de propagación vegetativa, en especial por estacas, por ejemplo Quijada (1980) nombrado por Melchior³² trae una lista de 11 especies nativas Venezolanas cuya facilidad de propagación va desde muy fácil hasta muy difícil. En otro estudio muestra que (*Apeiba aspera*) no presentó enraizamiento al ensayarse su propagación por estacas.

Urrego y Marín³³ con el propósito de determinar el potencial de enraizamiento de los rebrotes del Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) producidos con la metodología e infraestructura que Smurfit, Cartón de Colombia (SSC) desarrollado para el programa clonal de (*Eucalyptus grandis*), encontraron que la mayor producción de estacas y más altos porcentajes de enraizamiento (93%) se obtienen cuando se cosechan tocones entre 9 y 12 meses de edad.

Continúan los mismos autores³⁴, destacando que las estacas obtenidas de las porciones basales y media de los rebrotes presentan los mayores porcentajes de enraizamiento (88%), comparados con el obtenido por las de porción apical (79%). El número de cosecha que se realiza sobre un tocón afecta la capacidad de enraizamiento de las estacas, hallándose una notable reducción del porcentaje de enraizamiento entre las tres primeras cosechas (93%) y las subsiguientes (hasta el 68 % en la séptima cosecha).

Ramirez³⁵, al evaluar la propagación vegetativa de Pino colombiano (*Podocarpus*

³¹ VILLALOBOS, V., TREVOR, A., y YEUNG, E. op. cit., p. 47

³² MELCHIOR, G. Propagación agámica del Saquisaqui (*Bombacopsis quinata Jacq Dugand*). Revista Forestal Venezolana. Mérida, Venezuela. Vol 14 No. 21. 1971. p. 57-64.

³³ URREGO y MARIN. Avances en la propagación vegetal del Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) a través de estacas enraizadas. Smurfit, Cartón de Colombia. Cali, Colombia. Informe de investigación No. 180, 1997. 10p.

³⁴ Ibid., 10p.

³⁵ RAMIREZ., J. Propagación vegetativa de pino de Colombia (*Podocarpus oleifolius var. Macrostachyus*) por injerto y por estacas. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. Informe de investigación No. 179, 1997. 8p.

oleifolius var macrostachyus) por estaca utilizando tres niveles de aplicación de ácido indol butírico (AIB), bajo condiciones controladas (70% de humedad relativa y 19°C de temperatura), obtuvo un promedio un 92% de enraizamiento para el tratamiento de 500 ppm de AIB, 72% con 250 ppm y 73% con 0 ppm.

Trejos³⁶ manifiesta que la propagación de todas las especies del género *Myrica* encontradas en Venezuela, se verifica por medio de semillas escarificadas y sembradas en primavera ya que la propagación por estacas es difícil. Se ha obtenido arraigue de esquejes de (*Myrica californica*) con tratamiento de ácido indol-acético por el método de empapado, utilizando una solución acuosa con una concentración de 200ppm durante 20 horas. El tiempo para arraigar fue de 5 semanas.

1.4 PROPAGACION POR ESTACAS

La parte del árbol que se extrae con fines de propagación se denomina estaca, las estacas más utilizadas son las provenientes de tallo y principalmente ramas, según lo descrito por Álvarez, et al³⁷, aunque también las estacas se toman de porciones vegetativas como tallos, tallos modificados (rizomas, tubérculos, cormos y bulbos), hojas o raíces. En un sentido amplio Hartmann y Kester³⁸ afirman que la estaca es una porción de la planta, usada para reproducir asexualmente una determinada especie. Se considera reproducida una estaca, cuando posterior a su siembra, presenta formación de hojas y emisión de raíces, característica conocida como “enraizamiento”, que se interpreta como la formación de una nueva planta a partir de una estaca.

Los autores³⁹ mencionan además, que las estacas de tallos se obtienen de segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales, esperando que al colocarlas en condiciones adecuadas produzcan raíces adventicias y en consecuencia plantas independientes.

Hartmann y Kester⁴⁰ añaden que la propagación por estaca es rápida, poco

³⁶ TREJOS, A. Estudio sobre el “Palomo torcaz”, o “Mimillo” (*Myrica sp*). Ministerio de cría, Dirección de Recursos Naturales Renovables. División de ejecución de Programas. Caracas Venezuela, 1960. p. 61.

³⁷ ALVAREZ, P., NUEVA, R., y FIGUEROA, C. Propagación de plantas ornamentales. Playa, Ciudad de La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y educación, 1990. p. 96.

³⁸ HARTMANN, Hudson. y KESTER, Dale. Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. 2. Trad. por Antonio Marino. México, Continental S.A., 1981. p. 347.

³⁹ Ibid., p. 348-349

⁴⁰ Ibid., p. 347

costosa, sencilla y facilita la reproducción de la planta madre sin variación genética, la estaca debe proveer de nutrientes a las raíces y tallo en desarrollo y debe contener por lo menos un nudo. En las plantas que se propagan bien por estacas este método tiene muchas ventajas. Se pueden iniciar muchas plantas en un espacio limitado, partiendo de pocas plantas madres. La planta progenitora puede reproducirse con exactitud.

1.4.1 Factores de enraizamiento

1.4.1.1 Edad de la planta. Según Hartmann y Kester⁴¹, por regla general, es más fácil reproducir por estacas los árboles más jóvenes, ya que su crecimiento permanece activo por mucho tiempo. En el trópico por la dificultad de establecer la edad de los árboles, generalmente diámetros mayores a 50 cm, son considerados normalmente viejos, en ellos las condiciones para la reproducción vegetativa son muy difíciles. La relación con la edad es muy subjetiva, por las dificultades de su determinación y por la falta de investigación relativa a este tema.

1.4.1.2 Selección de los árboles. Las plantas obtenidas por reproducción asexual, conservan las características genéticas de los árboles de los cuales son tomadas las partes a propagar, de acuerdo a lo expuesto por Álvarez, *et al*⁴².

Adicionalmente Hartmann y Kester⁴³ junto a Peñuelas y Ocaña⁴⁴ afirman que la descendencia tendrá similar conformación genética, por lo cual hay que tener cuidado en la selección de los padres ya que algunas de las características indeseables que posean serán heredadas.

Al escoger material para estacas es importante usar plantas madres libres de enfermedades, moderadamente vigorosas, productivas y de identidad conocida, deben evitarse plantas enfermas o dañadas por heladas o sequías, defoliadas por insectos o enfermedades o achaparradas por fructificación excesiva.

1.4.1.3 Estado de lignificación. La facilidad y el tiempo que dura una estaca en enraizar, depende del grado de dureza de sus tejidos. Las estacas de los árboles se caracterizan por tener mayor cantidad de lignina, que es el compuesto que le confiere dureza y resistencia a la madera; a medida que aumenta la edad de los

⁴¹ Ibid., p. 348

⁴² ALVAREZ., NUEVA y FIGUEROA. op. cit., p. 98

³⁴HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 348

⁴⁴ PEÑUELAS, J. R., y OCAÑA, L. B. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, España, 1996. p. 115.

árboles, se forma una mayor cantidad de lignina en sus tejidos. Cuanto más lignificadas estén las estacas, más dificultades encontrarán en enraizar, según lo referido por Llano⁴⁵.

El mismo autor⁴⁶ agrega que las estacas que se toman de las partes altas de los árboles, tienden a ser más blandas, por el hecho de ser la zona más joven del árbol y por consiguiente sus zonas están menos lignificadas, por esta razón las estacas de las partes altas presentan un comportamiento diferente a las de las partes bajas de la rama.

1.4.1.4 Época de colecta de las estacas. En la zona tropical, las estacas se pueden obtener en cualquier época del año, especialmente en aquellas especies que no son caducifolias. Con las especies caducifolias la recolección de las estacas debe realizarse cuando se inicie el periodo de nueva formación de hojas, fenómeno que coincide con el inicio de la época lluviosa, afirman Hartmann y Kester⁴⁷.

1.4.1.5 El sustrato. El sustrato es el medio en el cual se colocan las estacas para su enraizamiento. El sustrato debe proporcionar buena aireación, buen drenaje para evitar excesos de humedad y la pudrición de las estacas y debe también facilitar una rápida propagación de las raíces que se van formando, según lo exponen Peñuelas y Ocaña⁴⁸.

De acuerdo a Burbano⁴⁹, el material utilizado como sustrato de enraizamiento tiene efectos benéficos diversos, en lo físico en razón de la cubierta protectora; en lo químico, al producirse la transformación o mineralización del material aplicado; y en lo biológico, al conseguir una acción integral que mejora las condiciones físicas, aumenta la cantidad de nutrimentos disponibles y favorece los fenómenos de antibiosis.

Burbano⁵⁰ añade que los efectos físicos guardan relación con la conservación de la humedad, el control de la temperatura y la aireación del medio, la reducción de

⁴⁵ LLANO, G. E. Propagación de plantas. Bogotá, Colombia, Colinagro Ltda., 1972. pp. 142-156

⁴⁶ Ibid., p. 156

⁴⁷ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 348

⁴⁸ PEÑUELAS y OCAÑA. op. cit. p. 116

⁴⁹ BURBANO, O. H. Enmiendas orgánicas en fertilización de cultivos de clima frío. Ed. 2. Santa Fe de Bogotá, D.C., Monómeros Colombo Venezolanos S.A., 1998. p. 363

⁵⁰ Ibid., p. 363

malezas y la competencia con estas. Los efectos químicos se relacionan con el incremento del humus, la acción sobre los procesos de mineralización o inmovilización y la inducción de deficiencias y toxicidades en las plantas. Sobre los efectos biológicos, estos se traducen en el incremento de la actividad de los microorganismos y animales del medio, la disminución o incremento de nemátodos y hongos fitopatógenos y la fitotoxicidad que puede producir.

1.4.1.6 Condiciones climáticas. Hartmann y Kester⁵¹ junto a Peñuelas y Ocaña⁵² mencionan que las condiciones óptimas las constituyen una humedad relativa superior al 70%, un riego permanente, que debe ser dosificado teniendo en cuenta la rapidez con la que se evapora el agua del suelo, por la acción de altas temperaturas o mucha circulación de aire, y una temperatura por lo menos similar a la temperatura media del sitio que sirve de hábitat a la especie que se produce.

1.4.1.7 Luz. La luminosidad debe ser adecuada y únicamente en caso de sol muy fuerte convendría colocar alguna sombra que disminuya la luminosidad. En concordancia por lo afirmado por Hartmann y Kester⁵³ se afirma que hay cierta evidencia de que el fotoperiodo, bajo el cual se desarrolla la planta progenitora ejerza influencia sobre el enraizado con la acumulación de carbohidratos obteniéndose mejor enraizamiento bajo fotoperiodos que promuevan el incremento de carbohidratos. El fotoperiodo bajo el cual se enraíza la estaca, tiene en algunas especies un efecto sobre la iniciación de primordios radicales, siendo los días largos o la iluminación continua más efectiva que los días cortos.

1.4.1.8 Metodología de producción. Previa las anteriores consideraciones, se adelanta el método de reproducción por estacas con los siguientes pasos con base a lo expresado por Hartmann y Kester⁵⁴, Ramírez⁵⁵ y Urrego y Marín⁵⁶:

- Recolección de las estacas, preferiblemente de la parte alta del árbol y dimensiones proporcionales entre el diámetro y la longitud de la estaca.
- Las estacas se deben transportar preferiblemente en un costal, controlando que no se pierda la polaridad de estas, se prepara el sustrato

⁵¹ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 389-390

⁵² PEÑUELAS y OCAÑA. op. cit., p. 118

⁵³ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 346

⁵⁴ Ibid., p. 348

⁵⁵ RAMIREZ, J. op. cit., p.6

⁵⁶ URREGO y MARIN. op. cit., p. 6

adecuadamente desinfectado, se abren huecos de una dimensión proporcional al tamaño de las estacas para facilitar su siembra. Se siembran las estacas a una profundidad aproximada de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ de su longitud.

- Al cabo de tiempos variables que dependen de las características propias de cada especie el sustrato y el uso de sustancias reguladoras, se produce la formación de hojas y el enraizamiento de estacas. La aparición de brotes de hojas no siempre es signo de que ha enraizado la estaca; en muchas especies brotan hojas abundantemente que luego mueren porque no se forman raíces en la estaca. Así mismo, la presencia de yemas y hojas promueven la formación de raíces, pero las hojas pueden ocasionar pérdida de agua y por ende la muerte de la estaca, si la especie no enraíza con prontitud.
- Hartmann y Kester⁵⁷ manifiestan también la necesidad de controlar la humedad en el suelo, la temperatura del ambiente y la cantidad de luz solar que recibe el material, además se deben eliminar malezas y tratar enfermedades e insectos. No debe permitirse que las estacas muestren marchitamiento en ningún momento y se debe proporcionar un drenaje adecuado. En general, se deben mantener buenas condiciones sanitarias y las hojas que caen deben retirarse al igual que las estacas ya muertas, pues los parásitos encuentran condiciones ideales en una estructura de propagación húmeda, cerrada y con luz de baja intensidad y si no se controla puede destruir miles de estacas.

1.4.2 Tipos de estacas. Los mismos autores⁵⁸ mencionan que el tipo de estacas más importante son las estacas de tallo, obtenidas a partir de segmentos de ramas que contengan yemas terminales o laterales, esperando que al colocarlas en condiciones adecuadas produzcan raíces adventicias y en consecuencia plantas independientes. Asimismo el tipo de madera, el periodo de crecimiento para hacer las estacas, la época del año en que se obtenga y otros factores ya mencionados pueden ser de vital importancia para asegurar el enraizamiento.

1.4.3 Reguladores de crecimiento. De acuerdo a lo descrito por Rojas⁵⁹: “un fitoregulador es un compuesto químico capaz de intervenir en el metabolismo y actúa en muy pequeñas concentraciones. Estos pueden ser naturales si los produce la propia planta o sintéticos; las hormonas son fitoreguladores naturales,

⁵⁷ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 389-390

⁵⁸ Ibid., p. 348-349

⁵⁹ ROJAS, Manuel. Fisiología Vegetal Aplicada. 4a Ed. México, Interamericana McGraw-Hill. 1993. p. 181

siendo el grupo mas conocido el de las auxinas”.

1.4.3.1 Auxinas. Devlin⁶⁰ define el término de Auxina, desde un nivel genérico que aplica al grupo de los compuestos caracterizados por su capacidad de inducir la extensión de las células de los brotes. Algunas auxinas son naturales y otras se producen sintéticamente; Se asemejan al Acido indolacético (AIA) por los efectos fisiológicos que provocan en las células vegetales, el más importante de los cuales es la prolongación.

El anterior autor⁶¹ afirma también que los primeros trabajos con auxinas demuestran que la baja concentración estimula el crecimiento, además existe una estrecha relación entre las cantidades y concentración del ácido empleado y la cantidad y tipo de respuesta de la planta.

Continúa Devlin⁶² sus apreciaciones, al destacar la capacidad de las auxinas de aumentar el índice de las células de los coléptilos y tallos, influyendo también en otros procesos fisiológicos, como son el desarrollo de los frutos y la formación de las raíces. Una concentración baja de auxinas estimula la prolongación de las células, sin embargo una concentración extremadamente alta puede provocar inhibiciones.

1.4.3.2 Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento. Según Weaver⁶³ una manera de aumentar el porcentaje de estacas que formen raíces, acelerar la formación de las mismas, elevar el número y calidad de las raíces formadas en cada estaca y aumentar la uniformidad de enraizamiento, es el uso de reguladores de crecimiento de tipo auxina. Los materiales químico sintéticos que se han encontrado más dignos de confianza para estimular la producción de raíces adventicias de la estacas son los ácidos indolbutíricos (AIB) y naftalenacético (ANA).

En este sentido Hartmann y Kester⁶⁴, sustentan también que el uso de sustancias para enraizamiento no permiten ignorar las prácticas adecuadas para la propagación por estacas; como el mantenimiento de las relaciones de agua, y las condiciones de luz y temperatura adecuadas. Las sustancias químicas como los ácidos indolbutírico y naftalenacético son más confiables para estimular la

⁶⁰ DEVLIN, Robert. Fisiología Vegetal. Trad. por Xavier Llimona. Barcelona, Omega. 1970. p. 172

⁶¹ Ibid., p. 175

⁶² Ibid., p. 175

⁶³ WEAVER, Robert. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 1 Ed. Trad. por Agustín Contin. México, Editorial Trillas S.A. 1987. p. 147.

⁶⁴ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 349

producción de raíces adventicias, el ácido indolbutírico es el mejor, debido a que no es tóxico, aparece en una amplia gama de concentraciones y es eficaz para estimular el enraizamiento.

Respecto a la auxina que corre naturalmente Weaver⁶⁵, menciona que su síntesis se da primordialmente en las yemas apicales y en las hojas jóvenes, no obstante su movimiento se realiza a través de la planta del ápice a la base; por otro lado la aplicación por medios artificiales de auxinas sintéticas, aparentemente produce una translocación masiva hacia arriba posiblemente por el xilema, pero si las sustancias reguladoras de crecimiento se usan en concentraciones excesivas para la especie que se trata, puede producir daños inhibiendo meramente el desarrollo de las yemas.

Según Hurtado y Merino⁶⁶ uno de los mejores estimuladores del enraizamiento es la auxina ácido indol butírico (AIB), el cual tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzima destructora de auxina la deshacen en forma relativamente lenta, pero es un producto químico persistente que resulta eficaz como estimulante de las raíces. Debido a que el ácido indolbutírico se desplaza muy poco, se retiene cerca al sitio de aplicación. Los reguladores de crecimiento que se desplazan con facilidad pueden causar efectos indeseables de crecimiento en la planta propagada.

De acuerdo a Weaver⁶⁷ otra auxina excelente utilizada con frecuencia en la promoción de raíces es el ácido naftalenacético (ANA); sin embargo este compuesto es más tóxico que el ácido indol butírico (AIB) y debe evitarse las concentraciones excesivas del ANA por el peligro de provocar daños a la planta.

El AIB y el ANA resultan más eficientes en la inducción del enraizamiento que el ácido indol acético (AIA), pues este último es muy inestable en las plantas y se descompone rápidamente en soluciones no esterilizadas aún cuando permanece activo en soluciones estériles durante varios meses. Los rayos fuertes del sol pueden destruir en 15 minutos una solución de 10 ppm de AIA, según lo manifestado por Weaver⁶⁸.

En cuanto a la auxina que corre naturalmente el anterior autor⁶⁹, menciona que su

⁶⁵ WEAVER. op. cit., p. 151

⁶⁶ HURTADO, Daniel., y MERINO, María. Cultivo de tejidos vegetales. México, Editorial Trillas S.A., 1987. p. 156.

⁶⁷ WEAVER. op. cit., p. 150

⁶⁸ Ibid. p. 151

⁶⁹ Ibid. p. 151

síntesis se realiza primordialmente en las yemas apicales y en las hojas jóvenes, esta auxina se mueve a través de la planta desde el ápice a la base; por otro lado la aplicación por medios artificiales de grandes cantidades de auxinas sintéticas, tales como el remojo de la base de la estaca con las auxinas, produce de forma aparente una translocación masiva hacia arriba en probabilidad posiblemente por el xilema.

Respecto a las sustancias promotoras de raíz Weaver⁷⁰ hace referencia a la posibilidad de dividir a las plantas en tres grupos; el primero corresponde al tipo de plantas donde los brotes contienen las diversas sustancias nativas, incluso auxinas esenciales para la iniciación de las raíces. Cuando se preparan las estacas y se las coloca bajo condiciones ambientales adecuadas, rápidamente se forman raíces.

Continúa el mismo autor⁷¹ su clasificación con un segundo grupo de plantas en las que están presentes las sustancias internas promotoras de raíz, de naturaleza hormonal nutritiva, pero en las que la presencia de auxina es un factor limitante, en estos casos con la aplicación de auxina el enraizamiento se aumenta grandemente.

El tercer grupo hace referencia a aquellas plantas que carecen de uno o más de los factores internos hormonales o nutritivos, o ambos a la vez, mientras que la auxina natural puede no estar presente en abundancia. En este caso la aplicación externa de auxina produce respuesta o la produce escasamente debido a la falta de factores aún no identificados.

Hartmann y Kester,⁷² adicionan de forma concluyente que el hecho de utilizar las sustancias reguladoras del crecimiento en concentraciones excesivas para la especie que se esté tratando puede producir daños, como inhibir meramente el desarrollo de las yemas o puede causar el amarillamiento y caída de las hojas, ennegrecimiento del tallo y finalmente la muerte de las estacas. Se habrá usado según lo indican los autores una concentración efectiva y no tóxica si la porción basal del tallo muestra algún hinchamiento acompañado con una abundante producción de raíces justamente arriba de la base de la estaca.

⁷⁰ Ibid. p. 153

⁷¹ Ibid. p. 153

⁷² HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 372

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El ensayo se llevó a cabo en la vereda La Merced, Municipio de La Unión, Departamento de Nariño, la cual se encuentra ubicada a 1° 36' 06" de latitud Norte. A consecuencia de esta posición el municipio se encuentra en la zona de latitudes bajas, presentando un clima cálido según datos del IDEAM⁷³.

El Municipio de La Unión esta ubicado al Norte del Departamento de Nariño a 92 kilómetros de la capital, con una superficie de 125 km² y una Altitud de 1.745 m.s.n.m. en promedio de la cabecera municipal, limitando al Norte con el Departamento del Cauca (Mercaderes y Florencia), al Oriente con el municipio Belén, al Occidente con el Municipio de San Lorenzo (Corregimiento de El Carmen); al Sur con el Municipio de Cartago. Según el IDEAM, 2002⁷⁴, la temperatura promedio oscila entre 18° y 22°C, con una humedad relativa de 76 %; una pluviosidad 1200 mm³ anuales y un brillo solar de 5 horas luz, los vientos soplan de norte a sur. El periodo de verano se presenta en julio y agosto y el periodo de invierno en los meses de Abril, Mayo, Octubre, Noviembre y Diciembre, además los suelos son de textura franco arenoso de origen volcánico con buena permeabilidad y aptos para la actividad agrícola, su acidez está en niveles de 4.5 a 5.0.

Cabe destacar que en relación a esta especie no se ha realizado estudios preliminares acerca del tipo de suelo al cual se encuentra adaptada, sin embargo, autores como Sagástegui⁷⁵, han encontrado que esta especie y otras de la misma familia se distribuyen ampliamente en diferentes sitios de la Cordillera de los Andes donde las clases de suelos son variables.

⁷³ IDEAM. Pasto, Colombia. 2002.

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ SAGASTEGUI, Abundio. Compuestas Andino-Peruanas Nuevas para la ciencia. En: Revista Arnaldoa, Herbario Antenor Orrego. [en línea]. [Perú]. 1991. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.sacha.org/pubs/books/arnald_sp.htm

2.2 DISEÑO ESTADISTICO

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con tres repeticiones, y doce tratamientos distribuidos en un arreglo Bifactorial combinatorio de 3x4 que correspondieron a 3 tipos de estaca y a 4 tipos de concentraciones hormonales; donde el factor A se relacionó al tipo de estaca basal, media y apical de la rama; el factor B se relacionó a las concentraciones hormonales a base de ANA al 0.3%, 0.4%, 0.6% y un testigo. La unidad experimental estuvo constituida por 10 estacas en 36 unidades experimentales, para un total de 360 estacas en las tres repeticiones.

Figura 1. Mapa de campo utilizado en la evaluación de la propagación vegetativa del Balso blanco (*Helicarpus americanus* Wats), en la Vereda La Merced, Municipio de La Unión, Departamento de Nariño.

R1	A1B1	A2B1	A1B3	A1B2	A3B2	A2B2	A2B3	A3B1	A3B3	A2B4	A1B4	A3B4
R2	A2B3	A2B2	A3B2	A3B1	A3B4	A2B1	A1B4	A1B2	A1B3	A1B1	A3B3	A2B4
R3	A3B3	A1B4	A2B4	A1B1	A2B3	A3B4	A3B1	A2B2	A2B1	A1B2	A3B2	A1B3

R= Repetición

A1= ESTACA BASAL
A2= ESTACA MEDIA
A3= ESTACA APICAL

B1= TESTIGO 0% ANA
B2= 0.3% ANA
B3= 0.4% ANA
B4= 0.6% ANA

2.2.1 Tratamientos. Los 12 tratamientos a evaluar son:

- T1 = A1B1 (Basal + 0% ANA)
- T2 = A1B2 (Basal + 0.3% ANA)
- T3 = A1B3 (Basal + 0.4% ANA)
- T4 = A1B4 (Basal + 0.6% ANA)
- T5 = A2B1 (Media + 0% ANA)
- T6 = A2B2 (Media + 0.3% ANA)
- T7 = A2B3 (Media + 0.4% ANA)
- T8 = A2B4 (Media + 0.6% ANA)
- T9 = A3B1 (Apical + 0% ANA)
- T10 = A3B2 (Apical + 0.3% ANA)
- T11 = A3B3 (Apical + 0.4% ANA)
- T12 = A3B4 (Apical + 0.6% ANA)

2.3 TRABAJO DE CAMPO

2.3.1 Recolección del material vegetal. El material de siembra se colectó en la Vereda La Merced, Municipio de la Unión, este procedimiento se llevó cabo en las primeras horas del día para evitar daños por deshidratación, seleccionando los árboles medianos y vigorosos, en edad joven con una altura de 2 a 3 m, tomando en cuenta que estos se encontraran en estado de reposo (pasado el periodo de fructificación) y con las características fisiológicas y fitosanitarias deseadas, de acuerdo a lo expresado por Hartmann y Kester⁷⁶.

Figura 2. Recolección de estacas de Balso blanco (*Heliocarpus americanus*).



Con base en la investigación realizada por Mafla y Noguera⁷⁷, las estacas se tomaron de la parte basal, media y apical (120 por cada tipo de estaca), de las ramas secundarias y terciarias de la planta madre de una longitud de 30 a 40 cm y un diámetro de 3 a 5 cm, cuidando de no tomar estacas lignificadas y que tuvieran al menos 3 yemas viables, se efectuó un corte con una segueta desinfectada y evitando que se desprenda la corteza. Siguiendo lo indicado por Hartmann y Kester⁷⁸, las estacas fueron envueltas en papel periódico húmedo para evitar la deshidratación durante el transporte.

⁷⁶ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 196

⁷⁷ MAFLA, Henry., y NOGUERA, Oscar. Propagación vegetativa del Sauco (*Sambucus peruviana*) en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Trabajo de grado (Ingeniería Agronómica). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2001. p.p. 41-42.

⁷⁸ HARTMANN y KESTER. op. cit., p.p. 369-372

Una vez recolectadas se realizó un corte en bisel en la parte inferior de cada estaca, de acuerdo a Hartmann y Kester⁷⁹, con el fin de facilitar la producción de raíces y la absorción del enraizador; por otra parte, se desinfectó e hidrató la parte inferior con Benomil al 3% y se agregó parafina a la parte superior de la estaca para evitar la entrada de patógenos.

2.3.2 Preparación y siembra del material

Una vez recolectadas las estacas se trasladaron a vivero, donde, una vez hecha la preparación de las soluciones hormonales a base del complejo auxínico Ácido Naftalenacético (ANA), se sumergió la parte basal de la estaca hasta 10 cm durante 60 minutos. Para este ensayo se utilizaron una soluciones hormonales de ANA (Acido Naftalenacético), al 0%, 0.3%, 0.4% y 0.6%.

Figura 3. Instalación del vivero



⁷⁹ Ibid., pp. 369-372

2.3.3 Sustrato. Se trabajó con un sustrato compuesto por arena de mina de la zona, el cual fue previamente desinfectado con formol disuelto en agua en una relación de 1 : 50, posteriormente fue cubierto con polietileno y se esperó un tiempo prudente de 10 días para destaparse; se dejó al aire libre por 3 días, para luego sembrar las estacas utilizando bolsas negras de polietileno. Finalmente se incorporó malla polisombra para evitar el exceso de luz, la evaporación y mantener la humedad relativa elevada.

2.3.4 Riego. Las unidades experimentales fueron ubicadas en el sitio seleccionado y adecuadamente construido con guadua, plástico y madera.

Para este ensayo se realizó el riego de acuerdo al tiempo de sembrado y enraizamiento del material así: en las 8 primeras semanas se programaron dos riegos diarios, el primero a las 7 am y el segundo a las 5 pm con un volumen de ½ litro de agua, por cada unidad experimental; a partir de la novena semana se varió la aplicación de cada riego, al reducir el volumen de agua a la mitad buscando fortalecer las raíces de las estacas.

Tomando en cuenta lo afirmado por Hartmann y Kester⁸⁰, para la propagación por estacas se necesita una humedad relativa superior al 70%, por lo tanto se puede decir que la zona presenta las condiciones ideales con el 76%, lo cual acompañado del riego constante proporcionó a las estacas las condiciones óptimas para su prendimiento.

2.3.5 Labores culturales y Control fitosanitario Las deshierbas manuales en cada una de las unidades experimentales se realizaron en tres épocas, la primera a los 25 días después de la siembra y posteriormente a los 50 y 75 días.

Se llevó a cabo una aplicación mensual preventiva, rotando Benomil, fungicida sistémico, y Oxiclورو de Cobre, fungicida protectante de amplio espectro con el fin de proteger el material de siembra, utilizado en el ensayo.

Durante todo el ensayo fue necesario permanecer en constante vigilancia ya que el material vegetativo es muy delicado. Además las estacas deben tener una elevada humedad relativa aproximadamente del 80% al 90%, con una intensidad lumínica baja para lo cual se usó malla polisombra.

⁸⁰ HARTMANN y KESTER. Op. cit., p. 389-390

2.4 PARAMETROS DE EVALUACION

2.4.1 Brotación de raíces. De acuerdo al estudio realizado por Mafla y Noguera⁸¹ del total de estacas evaluadas se tomó un número determinado de estacas al azar para su valoración, por lo cual para efectos de este estudio se determinó la muestra de 2 estacas al azar para cada unidad experimental, cada 15 días se hicieron registros al lugar de experimentación para determinar la formación de raíz, expresada en porcentaje de brotación de raíz, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ BROTACION RAICES} = \frac{\text{Número de estacas con brotación de raíces}}{\text{Número de estacas evaluadas}} \times 100$$

2.4.2 Brotación de yemas. Para determinar este parámetro, se realizaron conteos quincenales tomando la muestra de dos estacas por unidad experimental, lo cual se expresó en porcentaje de brotación de yemas, utilizando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ BROTACION YEMAS} = \frac{\text{Número de estacas con brotación de yemas}}{\text{Número de estacas evaluadas}} \times 100$$

2.4.3 Formación de hojas. De la misma forma que en parámetro anterior la formación de hojas se realizó conteos quincenales sobre la muestra de 2 estacas por unidad experimental, expresándose en porcentaje, por lo cual se utiliza la siguiente fórmula.

$$\% \text{ FORMACION HOJAS} = \frac{\text{Número de estacas con formación de hojas}}{\text{Número de estacas evaluadas}} \times 100$$

2.4.4 Mortalidad. Al final del ensayo se realizó una evaluación al número de estacas muertas, para ello se contabilizó las estacas vivas y muertas en cada una de las unidades experimentales. El total de las estacas permite calcular el porcentaje de mortalidad empleando la fórmula.

$$\% \text{ MORTALIDAD} = \frac{\text{Número de estacas muertas}}{\text{Número de estacas evaluadas}} \times 100$$

⁸¹ MAFLA y NOGUERA. op. cit. p. 44-46

2.4.5 Evaluación estadística

La interpretación estadística de los datos de propagación por estacas se realizó a través del análisis de varianza mediante el programa SAS, así mismo, se utilizó la prueba de Tukey para realizar la comparación estadística entre los tratamientos y entre los factores evaluados. Antes de proceder a los cálculos estadísticos se realizó la transformación de los datos de porcentaje mediante la utilización de la fórmula del Arcoseno, $ACOS = \sqrt{\%}$, que según el documento publicado por la Pontificia Universidad Católica de Chile⁸², se hace con el fin de cambiar la escala de referencia de todas las observaciones y obtener datos normalmente distribuidos como lo requiere la prueba de Andeva.

⁸² PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE. Supuestos de Andeva, Prueba t-Student, para datos pareados. [en línea]. [Santiago de Chile], s.f. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.puc.cl/cursos/bio242a/clase9.doc

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 BROTACION DE RAICES

Al realizar el análisis de varianza que se presenta en el Anexo A, para evaluar la brotación de raíces en las estacas de Balso blanco, se observa diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor A concerniente a los tipos de estacas basal, media y apical; así mismo para el Factor B, respectivo a las concentraciones hormonales 0.3%, 0.4%, 0.6% y el testigo, se presentaron diferencias altamente significativas. Finalmente, en la interacción A x B no hubo significancia.

3.1.1 Análisis para el Factor A (Tipos de Estaca). La prueba de Tukey que se observa en el Anexo B arrojó como resultado diferencias estadísticas entre el tipo de estaca media (39.91%), respecto de la estaca apical (24.77%) y basal (19.61%); estas últimas no presentaron diferencias significativas.

Para el tipo de estaca, con las provenientes de la parte media de la rama, se obtuvieron los mejores resultados, además como se puede observar en la Figura 4, los resultados muestran una clara diferencia en la brotación de raíces, al utilizar distintas clases de estacas; al respecto Hartmann y Kester⁸³ manifiestan que la habilidad para la emisión de raíces varía de acuerdo al tipo de estaca, y al origen de su obtención ya sea de la parte apical, media o basal, encontrándose en muchos casos que el mayor porcentaje de enraizamiento se da en la parte basal; no obstante los resultados obtenidos con las estacas medias, seguidas en su orden por las estacas apicales demuestran la factibilidad de su utilización para el enraizamiento de Balso blanco.

Adicionalmente Weaver⁸⁴, sustenta que las estacas medias presentan mayor porcentaje de brotación de raíces debido que esta es una de las partes más activas de la planta, lo cual influye en el contenido de reserva de carbohidratos de dichas estacas, además de que la parte media tomando en cuenta su posición frente a las estacas basales, se puede considerar una de las partes juveniles de la rama, por lo tanto cumplen con uno de los requisitos indispensables para la brotación de raíces.

Para Llano⁸⁵, el éxito en la multiplicación por estacas el tallo debe tener aptitud para emitir raíces adventicias y las condiciones ambientales deben ser favorables;

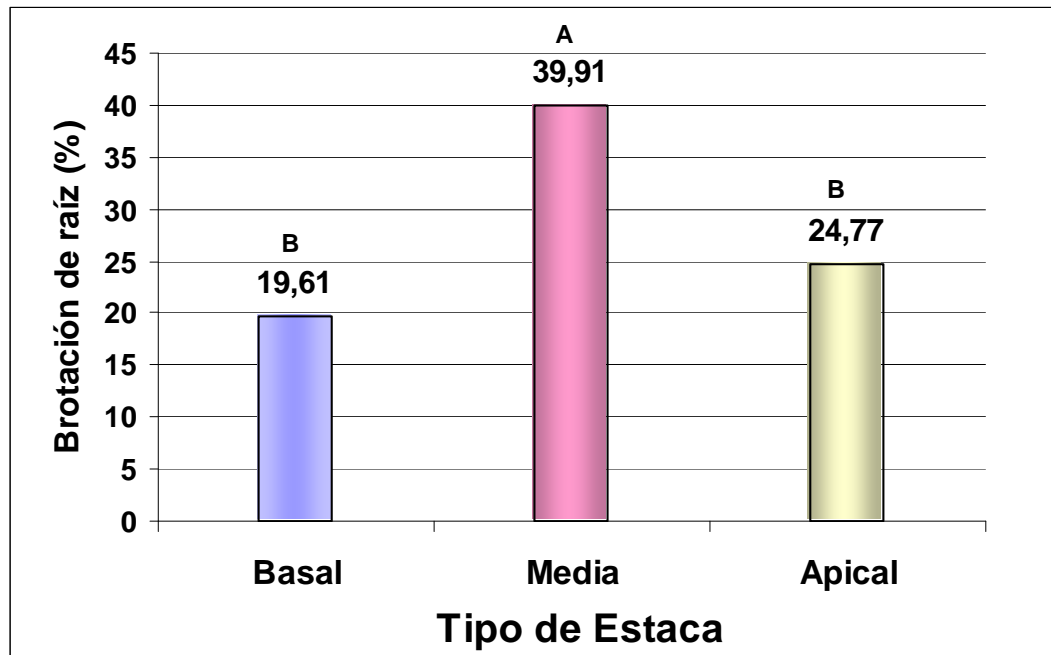
⁸³ HARTAMNN y KESTER.. op. cit., p. 196

⁸⁴ WEAVER., op. cit., p. 153

⁸⁵ LLANO., op. cit., p. 145

de acuerdo a esto se puede afirmar que la parte media de la rama de Balso está en capacidad de originar raíces en tanto que se cumpla con las condiciones adecuadas.

Figura 4. Brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.), obtenida al evaluar tres tipos de estacas basal, media y apical.



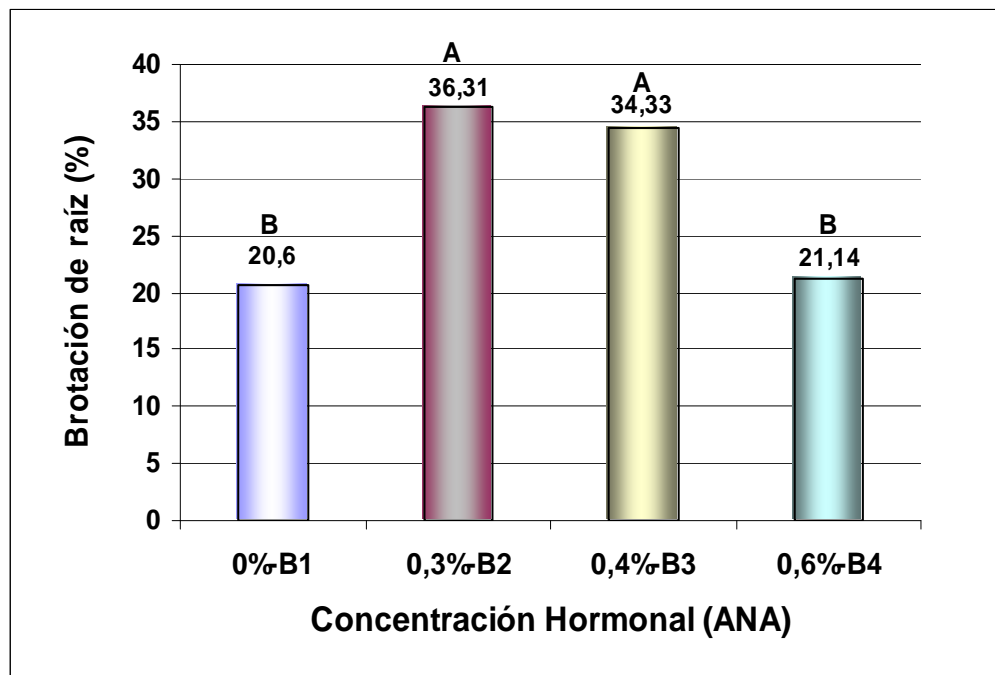
3.1.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales). Por su parte la prueba de comparación de promedios de Tukey indicada en el Anexo B, da a conocer que la brotación de raíces en B2 - ANA al 0.3% (36.31%), no presentó diferencias estadísticas con B3 - ANA al 0.4% (34.33%); paralelamente la brotación de raíces en B3 y B2 se diferenció de forma significativa de B1 - Testigo (20.60%) y B4 - ANA al 0.6% (21.14%), entre estos últimos no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Tal como lo muestra la Figura 5, la variación para los mayores y menores promedios da a conocer que entre las cuatro concentraciones, son aquellas con más baja cantidad de auxinas las de mejores resultados en la brotación de raíces, (ANA al 0.3% y ANA al 0.4%), de forma contraria el testigo y la concentración de ANA al 0.6% obtuvieron los menores promedios.

A este respecto Devlin⁸⁶ afirma que el uso de concentraciones bajas de auxinas estimulan la producción de raíces adventicias, en tanto que las concentraciones altas inhiben este comportamiento. Según Weaver⁸⁷, la concentración óptima de auxinas depende de la especie y el tipo de tejido, además afirma que los compuestos químicos de tipo auxínico surten los mejores efectos al aplicarse a estacas mas herbáceas que a aquellas de madera dura; por lo tanto en este punto se debe examinar que las estacas de balsa además de haber reaccionado favorablemente con la dosis menor de ANA, se consideran maderas de tipo liviano, por lo cual no presentan mayor dureza o lignificación.

Se puede señalar que las distintas concentraciones de ANA produjeron resultados que se ajustan a lo sustentado por los anteriores autores, no obstante el testigo tuvo resultados bajos que se asemejaron a los obtenidos con la concentración de ANA al 0.6%, por tanto el hecho de usar o no este tipo de concentración hormonal, para efectos de este estudio fue indiferente.

Figura 5. Brotación de raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.), obtenida al evaluar 4 tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.



⁸⁶ DEVLIN, Robert. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. 4. México, Interamericana McGraw-Hill. 1993. p. 181.

⁸⁷ WEAVER. op. cit., 151

3.1.3 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos). El análisis de varianza que se puede observar en el Anexo A, muestra que para la interacción de los tratamientos A x B no hay diferencias significativas, por esta razón no se realizó prueba de Tukey que determine para A el mejor B.

Figura 6. Brotación de raíces de la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).



Estaca con brotación de raíz



Estaca sin brotación de raíz

3.2 BROTACION DE YEMAS.

Al realizar el análisis de varianza, detallado en el Anexo C, para la brotación de yemas en *Heliocarpus americanus*, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para los tipos de concentraciones hormonales (Factor B), en tanto que para tipos de estacas (Factor A) y para la interacción de A x B no se muestran diferencias significativas.

3.2.1 Análisis para el factor A (Tipos de Estaca). De acuerdo al Andeva para Brotación de yemas en el Factor A, no es necesario aplicar la prueba de promedios de Tukey, por lo cual los tres tipos de estaca utilizados son iguales estadísticamente; los valores promedios de brotación de yemas alcanzados por los tres tipos de estacas, fueron de 39.57% para las estacas medias, así mismo las estacas apicales obtuvieron un 32.31% y las estacas basales el 27.38% de brotación.

Weaver⁸⁸, manifiesta que la presencia de yemas en una estaca es favorable para el enraizamiento, puesto que las auxinas que corren naturalmente a través de la planta son sintetizadas primordialmente en las yemas, de ahí la importancia de las mismas en la iniciación radical de las estacas una vez finaliza el reposo de las yemas. Lo anterior lleva a afirmar que para *H. americanus* las yemas desempeñan un papel importante en el prendimiento de las estacas y se evidencia en que la capacidad de la parte basal, media y apical de la rama, para facilitar la emisión de raíces se deba probablemente, porque estos segmentos de la rama contienen yemas laterales que al ser colocadas en condiciones adecuadas producen raíces adventicias y por lo tanto plantas independientes.

Las estacas medias por su posición en la rama tienden a poseer una concentración óptima de Nitrógeno y es rica en carbohidratos, de acuerdo a lo descrito por Marroquín⁸⁹, sin embargo esta característica no fue influyente en la brotación de yemas, puesto que los tres tipos de estacas de Balso blanco no presentaron diferencias estadísticas, probablemente por se puede considerar que las tres son poco lignificadas y tienen en igualdad de condiciones el vigor necesario en sus yemas para la brotación.

3.2.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales). En el Anexo D, la prueba de Tukey para las concentraciones hormonales (Factor B), indica que la concentración 0.3% (43.33%) y la concentración 0.4% (41%) de ANA no son significantes entre ellas, pero si mostraron diferencias con el testigo el cual obtuvo

⁸⁸WEAVER. op. cit., p. 151

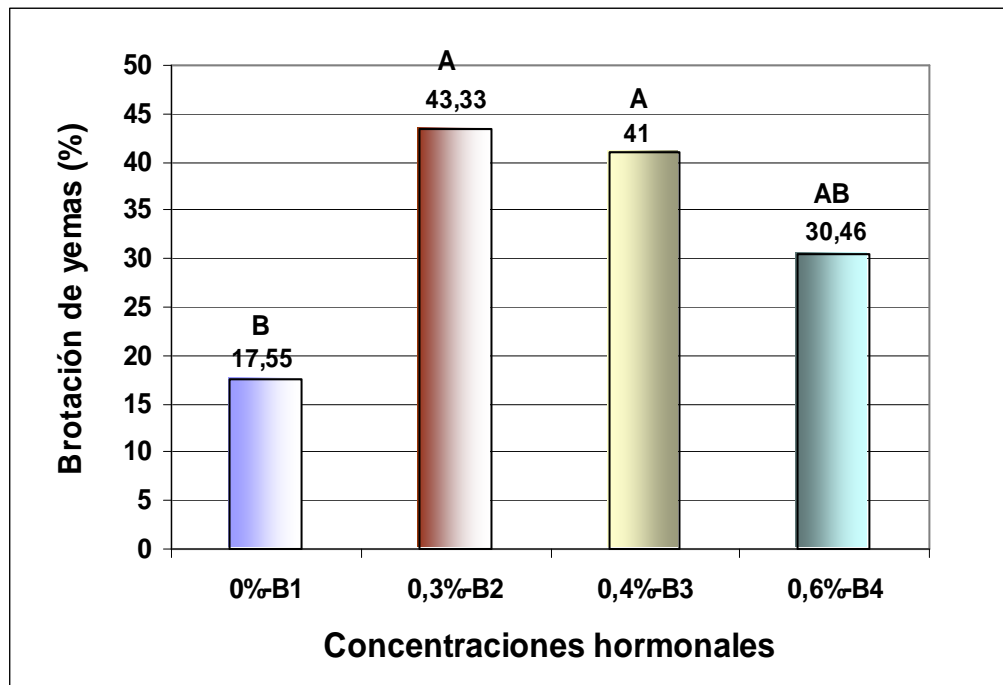
⁸⁹ MARROQUIN, Fernando. Evaluación de la propagación vegetativa y producción de biomasa foliar de Matarratón *Gliricidia sepium* en el Valle del Patía. Trabajo de grado (Ingeniería Agronómica). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1995. p. 31.

el menor porcentaje con el 17.55%. Por su parte la concentración al 0.6% (30.46%) tuvo correspondencia con los tipos de concentraciones empleados.

Los valores promedios de brotación de yemas para las cuatro concentraciones hormonales utilizadas, reflejan la superioridad de los resultados que se obtienen con las dosis más bajas (0.3% y 0.4% de ANA) lo cual se detalla en la Figura 7, donde, se nota que la brotación de yemas en las estacas disminuye en la medida que la cantidad hormonal aumenta, concordando con los resultados en la brotación de raíces, donde el testigo presentó el más bajo nivel de brotación, lo cual se entiende porque las estacas no recibieron ningún estímulo para este fin.

En lo referente Devlin⁹⁰ expresa que la capacidad de aumentar el desarrollo fisiológico de la planta, en este caso la brotación de yemas, está relacionado con la utilización de una baja concentración de auxinas, puesto que la utilización de cantidades mayores de auxinas puede inhibir el desarrollo de las yemas.

Figura 7. Brotación de yemas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.), obtenida al evaluar 4 tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.



⁹⁰ DEVLIN. op. cit., p. 562

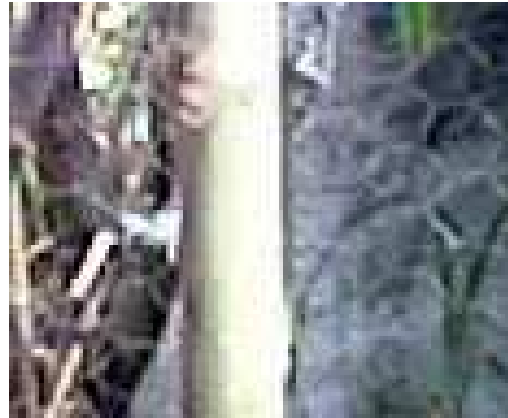
3.2.3 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos). Las interacciones A x B, para la brotación de yemas no obtuvieron diferencias significativas, por lo cual hay igualdad en la determinación de cual B es mejor para A.

Rojas⁹¹ explica que el factor estimulante de las auxinas en el progreso de la estaca está directamente asociado con la presencia de yemas en los tallos de las plantas, para este estudio los tres tipos de estacas con presencia de yemas viables en interacción con el uso de una dosis de ANA, o con el testigo proveen de las condiciones óptimas para la brotación de yemas; en el caso de utilizar el testigo no se genera mayores costos, lo cual lo hace más atractivo respecto al resto de interacciones.

Figura 8. Brotación de yemas de la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).



Estaca con brotación de yema.



Estaca sin brotación de yema.

⁹¹ ROJAS, op. cit., p. 179

3.3 FORMACION DE HOJAS

Al realizar el análisis de varianza, detallado en el Anexo E, para evaluar la formación de hojas en la especie *Heliocarpus americanus*, se presentaron diferencias significativas entre los tres tipos de estacas (Factor A), diferencias altamente significativas entre los 4 tipos de concentración hormonal (Factor B) y diferencias significativas en la interacción del Factor A por el Factor B, ante estos resultados solo se hace necesario realizar la prueba de comparación de promedios para la interacción de AxB, tal como se muestra en el desarrollo del análisis.

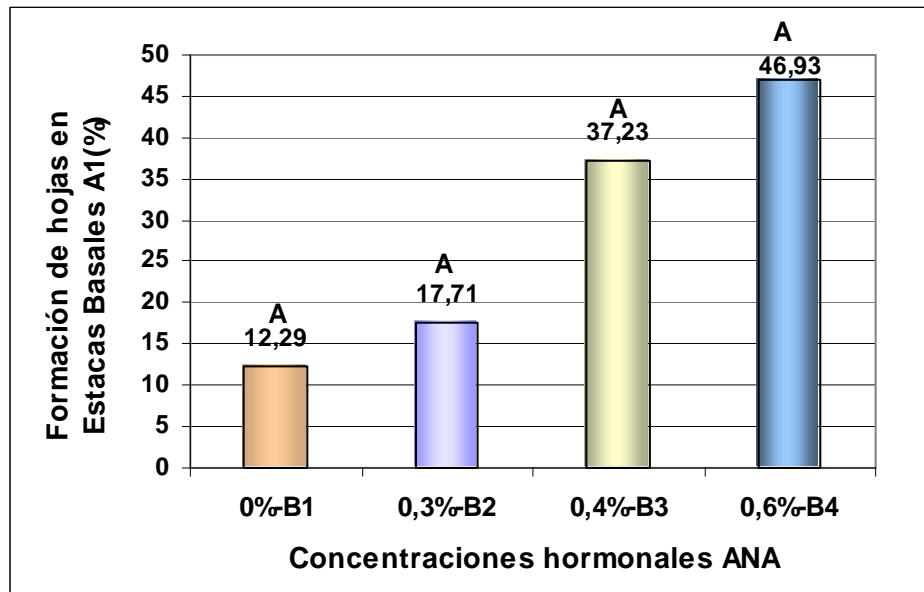
3.3.1 Análisis de la Interacción A x B (Tratamientos). En la prueba de Tukey presentada en el Anexo F, se denota cual de los factores B son mejores para el factor A, es decir, se destacan las diferencias que se encuentra o no en la utilización de los cuatro tipos de concentraciones hormonales al ser comparados por cada tipo de estaca.

Para las Estacas Basales tal como se observa en la Figura 9, se encuentra que los cuatro tipos de concentraciones de ANA, no presentan diferencias estadísticas, por lo cual se asume que tanto el testigo con el 12.29%, y las concentraciones al 0.3% con el 17.71%, al 0.4% con el 37.23% y al 0.6% de ANA con el 46.93%, se pueden utilizar por igual en cuanto a sus resultados estadísticos.

El comportamiento en las estacas basales, indica que el uso del testigo a pesar de exhibir el menor promedio, se equipara con el resto de concentraciones hormonales y ostenta además, la ventaja de propiciar menores costos en la propagación vegetativa de Balso blanco. Paralelamente y pese a la igualdad estadística, se presenta de forma interesante que los resultados son favorables en la medida que la concentración de auxinas aumenta, posiblemente porque esta parte de la rama reacciona favorablemente al incremento porque posee bajos niveles de carbohidratos y una alta proporción de nitrógeno, según lo describe Marroquín⁹².

⁹² MARROQUIN. op., cit. p. 31

Figura 9. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats), obtenida al evaluar Estacas Basales (Factor A1) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B).



Para el tipo de estaca media (A2), la prueba de Tukey en el Anexo F, señala que se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los valores obtenidos con ANA al 0.3% -B2 (57.29%) y el testigo – B1 (23.36%), en lo que hace referencia a las dosis de ANA al 0.4% (51.14%) y al 0.6% (34.22%) se encontraron similitudes estadísticas respecto al tipo de dosis 0.3% de ANA a la vez que con el testigo.

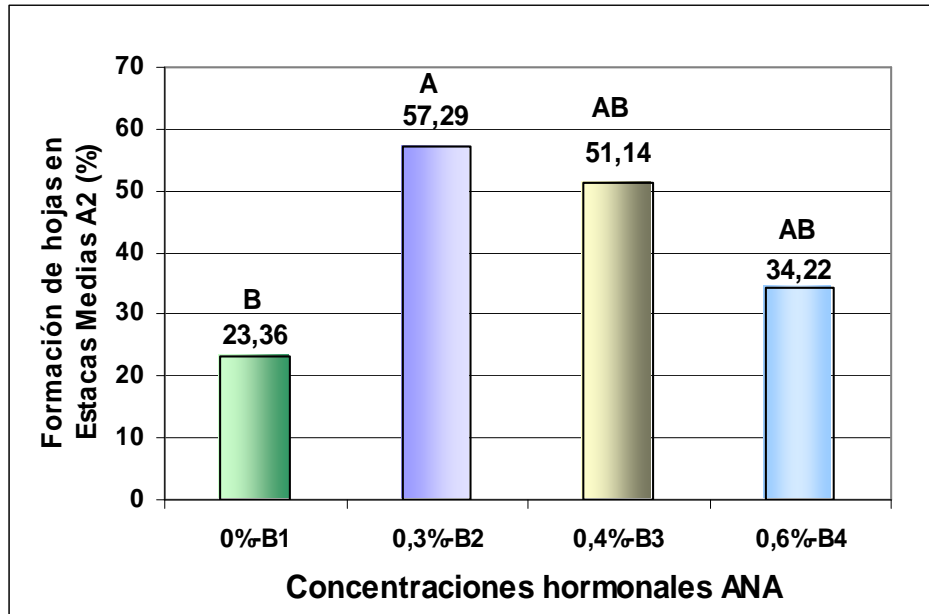
En la Figura 10, se puede mirar la relación de las Estacas Medias con los 4 tipos de dosis de ANA, donde los mejores valores, obtenidos con la concentración al 0.3%, corroboran lo descrito por Devlin⁹³ quien afirma que el aumento en la concentración hormonal (0.4% y 0.6%) disminuye el desarrollo fisiológico de los órganos de las plantas en este caso, las hojas. Lo anterior aunado a que se utilizó el tipo de estaca media la cual tiene una proporción de reservas de nutrientes y una concentración homogénea de auxinas que permiten la brotación de las hojas, está directamente relacionado con los valores mostrados en la brotación de raíces, pues como lo afirman Hartmann y Kester⁹⁴ el enraizamiento y la brotación de las estacas se interrelacionan y a su vez dependen de las características propias de cada especie, y el uso de sustancias reguladoras de crecimiento al cabo de

⁹³ DEVLIN op. cit., p. 562

⁹⁴ HARTMANN y KESTER. op. cit., p. 348

tiempos variables.

Figura 10. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats), obtenida al evaluar Estacas Medias (Factor A2) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B).



La interacción de las Estacas Apicales con los cuatro tipos de concentraciones hormonales a base de ANA, no muestran diferencias estadísticas significativas para brotación de hojas, de acuerdo a la prueba de Tukey en el Anexo F.

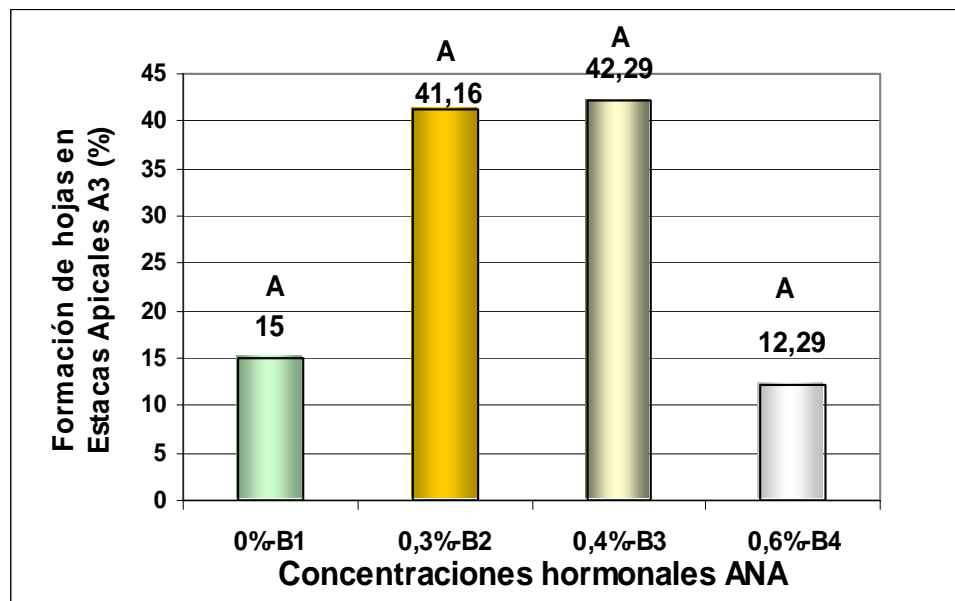
En la Figura 11 se pueden observar los porcentajes para la interacción A3B4 (Apical/0.6% ANA) que obtuvo el 12.29%, A3B1 (Apical/ Testigo) el 15%, A3B2 (Apical/ 0.3% ANA) el 41.16% y A3B3 (Apical/ 0.4% ANA) que alcanzó el 42.29%; en estos resultados no se presenta diferencia estadística por consiguiente, cada uno de ellos está en igualdad de condiciones, sin embargo el Testigo al representar menores costos en la disminución de insumos (Hormonas) es recomendable para la propagación de Balso blanco en cuanto a formación de hojas.

Los resultados obtenidos con los factores evaluados, demuestran que aunque es aplicable, lo descrito por Devlin⁹⁵ al afirmar que el aumento en la concentración hormonal (0.4% y 0.6%) disminuye el desarrollo fisiológico de los órganos de las

⁹⁵ DEVLIN op. cit., p. 562

plantas, no tiene incidencia sobre la conclusión final puesto que los cuatro tipos de concentraciones estadísticamente no tienen diferencias, lo cual posiblemente se deba a que las estacas apicales son un material muy tierno que posee condiciones favorables de humedad que unido a los compuestos azucarados y materiales nitrogenados propios de la estaca, mas la interacción de las hormonas sintéticas (ANA), pueden generar resultados indistintos.

Figura 11. Brotación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats), obtenida al evaluar Estacas Apicales (Factor A3) vs. Concentraciones Hormonales ANA (Factor B).



En síntesis la combinación del Factor A por el Factor B en los doce tratamientos evaluados, para la formación de hojas, muestra un comportamiento similar al observado en las variables brotación de raíces y yemas, donde los tratamientos propios de la combinación de estacas medias con concentraciones hormonales de 0.3% y 0.4%, con el 57.29% y 51.14%, correspondientemente, arrojan los mejores resultados en cuanto a formación de hojas, tal como se muestra en la Figura 10; de forma peculiar se observa que el tratamiento correspondiente a estacas de tipo basal en combinación con ANA al 0.6%, logró un valor alto con el 46.93% (Figura 9), lo cual pone de manifiesto la posibilidad de obtener un resultado favorable con esta combinación. Los menores promedios se encontraron en los tratamientos donde predominaron las combinaciones de estacas basales con el testigo y apicales con 0.6%.

Respecto a los resultados obtenidos, el estudio realizado por Marroquín⁹⁶ en la propagación de Matarratón complementa, al afirmar que los factores que influyen en la variable formación de hojas son la ubicación de la estaca en la planta madre y el número de yemas viables que la especie presentó al momento del corte, ya que si se toman estacas de partes muy lignificadas se corre el riesgo de que los rebrotes salgan débiles, y por el contrario si se toman estacas de partes muy jóvenes, las estructuras y yemas no tienen el vigor necesario, puesto que son pobres en carbohidratos y poseen una alta proporción de nitrógeno causando un desequilibrio hormonal en las diferentes ramas lo cual hace que estas no sean factibles para la propagación vegetativa.

Adicionalmente se puede notar, que estos resultados se relacionan de alguna manera con los logrados en la brotación de yemas, y la brotación de raíces, sobre todo en cuanto a comportamiento de las Estacas Medias y las Concentraciones Hormonales de ANA al 0.3% y 0.4%, lo cual demuestra que existe correspondencia entre estas tres variables evaluadas. Igualmente los resultados ratifican lo sustentado por diferentes autores, entre los cuales se cuenta con Weaver⁹⁷ y Devlin⁹⁸, quienes afirman que la capacidad de desarrollo fisiológico de la planta está relacionado con una baja concentración de auxinas, así como también la presencia de yemas (directamente relacionada con la formación de hojas) favorece la iniciación radical una vez culmina el reposo de las yemas.

Figura 12. Formación de hojas en Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats)



Estaca con formación de hojas



Estaca sin formación de hojas

⁹⁶ MARROQUIN. op.,cit. p. 31.

⁹⁷ WEAVER. op., cit. p. 151

⁹⁸ DEVLIN. op., cit. p. 562

3.4 MORTALIDAD

El Análisis de varianza referido en el Anexo G, y realizado para evaluar la variable mortalidad en la propagación de estacas de Balso blanco, arrojó diferencias altamente estadísticas entre el Factor A (Tipo de Estaca) y entre el Factor B (Concentración Hormonal ANA), alternamente para la interacción A x B no se encontraron diferencias significativas.

3.4.1 Análisis para el factor A (Tipos de Estaca). De acuerdo a Tukey en el Anexo H, el tipo de estaca en que se encontró mayor porcentaje de mortalidad fue la Estaca Apical con el 54.46%, la cual presentó diferencias significativas con las Estacas Medias que presentaron el menor promedio de mortalidad que correspondió al 35.73%. Por su parte las Estacas Basales presentaron el 44.69%, a su vez que no se diferenciaron de ninguno de los anteriores.

En lo referente con los resultados obtenidos con las estacas de Balso blanco, Azcon y Talon⁹⁹, afirman que la mortalidad de las estacas depende de factores como el tipo de sustrato, cantidad y tipo de enraizado, tipo de estaca y dureza de la misma y de las condiciones medio ambientales las cuales actúan de manera interrelacionada influyendo en el porcentaje de supervivencia de las estacas.

El tipo de estaca basal equivalente al Factor A1 con el 44.69%, tuvo uno de los mayores porcentajes de mortalidad, como se puede mirar en la Figura 13, a pesar de lo mencionado por los anteriores autores, donde gran parte de la supervivencia de una estaca depende de su dureza, lo cual no se vio reflejado en esta investigación posiblemente porque esta estaca no tuvo las suficientes reservas para sobrevivir hasta el enraizamiento tal como lo manifiestan Mafla y Noguera¹⁰⁰ en los resultados de su estudio.

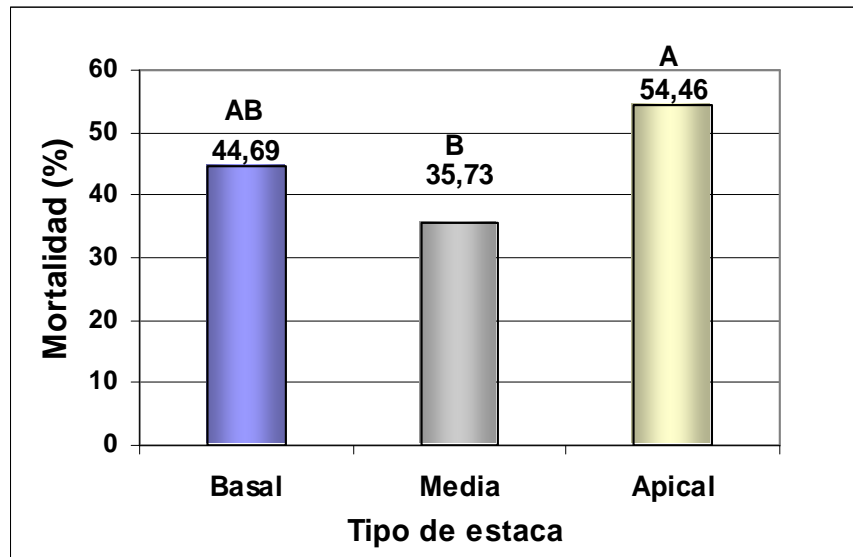
En cada visita de este estudio se observó la aparición de brotes de hojas o yemas, advirtiendo posteriormente, un alto porcentaje de muerte de las estacas apicales en las cuales se presentó este fenómeno, respecto a este comportamiento Hartmann y Kester, manifiestan: “la aparición de brotes de hojas no siempre es signo de que ha enraizado la estaca, muchas especies brotan hojas abundantemente pero luego mueren, porque no se han formado raíces”¹⁰¹.

⁹⁹ AZCON y TALON. Fisiología y bioquímica Vegetal, citados por MAFLA y NOGUERA, op. cit., p. 67

¹⁰⁰ MAFLA y NOGUERA, op. cit., p. 65

¹⁰¹ HARTMANN y KESTER., op. cit., p. 348

Figura 13. Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.), obtenida al evaluar tres tipos de estacas basal, media y apical



3.4.2 Análisis para el Factor B (Concentraciones Hormonales). La prueba de comparación de medias de Tukey, que se observa en el Anexo H produjo entre sus resultados diferencias estadísticas entre el Testigo (57.31%) y las dosis de ANA al 0.3% (33.61%) y al 0.4% (33.92%). El tipo de concentración de ANA al 0.6% obtuvo el 55% de mortalidad sin diferenciarse de ninguna de las anteriores.

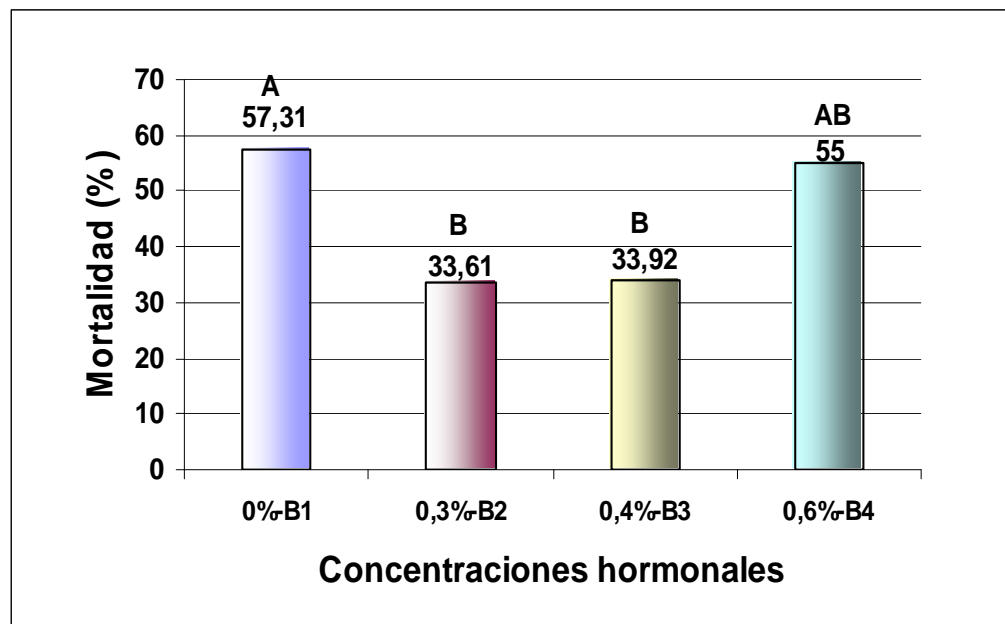
En la Figura 14 se observan los valores promedios de mortalidad por tipo de concentración hormonal, donde los menores porcentajes de mortalidad se dieron cuando se utilizaron las concentraciones hormonales más bajas, con ANA al 0.3% (31%) y ANA al 0.4% (38.7%). En términos amplios para todas las variables evaluadas en este estudio se nota un comportamiento adverso (aunque no significativo estadísticamente con los menores promedios) al aplicar una concentración mayor de hormonas a las estacas, por lo cual es concluyente lo asegurado por Hartmann y Kester¹⁰² al destacar que el uso de concentraciones mayores de reguladores de crecimiento para la especie que se esté tratando puede producir daños como inhibir meramente el desarrollo de las yemas e incluso producir la muerte, ante lo cual existe, según Devlin¹⁰³ una estrecha relación entre la cantidad y concentración del ácido empleado y la cantidad y tipo de respuesta de la planta.

¹⁰² HARTMANN Y KESTER., op. cit., p. 372

¹⁰³ DEVLIN., op. cit., p. 562

De manera adicional, los valores de mortalidad obtenidos con el Testigo-B1 son al igual que con la concentración al 0.6%-B4 los mayores, lo cual pone de manifiesto que las estacas no muestran un comportamiento favorable cuando se prescinde del uso de concentraciones hormonales en bajas cantidades, debido a que las auxinas en bajas y altas concentraciones pueden influir en el crecimiento o en la inhibición del mismo en una estaca.

Figura 14. Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.), obtenida al evaluar 4 tipos de concentraciones hormonales, ANA al 0.3%, ANA al 0.4%, ANA al 0.6% y un testigo.



3.4.3 Análisis de las Interacciones A x B (Tratamientos). Para esta variable el Andeva mostrado en el Anexo G, no revela diferencias estadísticas para las interacciones.

Estos resultados demuestran que en la propagación vegetativa de la especie Balso blanco (*Heliocarpus americanus*) cada una de las interacciones son iguales, sin embargo estos se constituyen en una base investigativa, tomando en cuenta que sobre los métodos propagación de especies nativas como el Balso blanco, el conocimiento es incipiente y los porcentajes de germinación a través de semilla son bajos, según lo indica Acero¹⁰⁴ al afirmar que a través de este tipo propagación en condiciones naturales se obtiene el 11% de germinación.

¹⁰⁴ ACERO., op. cit., p. 312

4. CONCLUSIONES

1. En la propagación por estacas de Balso blanco *Heliocarpus americanus* Wats, se encontró que los mejores promedios en la brotación de raíces, se presentaron con las estacas medias (39.91%), y con los tipos de concentración hormonal ANA al 0.3% (36.31%) y ANA al 0.4% (34.33%).
2. Para la brotación de yemas las concentraciones hormonales (Factor B) se destacaron ANA al 0.3% con el 43.33%, y ANA al 0.4% con el 41%.
3. En los resultados de la formación de hojas, las interacciones de estacas medias con la dosis de ANA al 0.3% y al 0.4% obtuvieron los mayores promedios el 57.29% y el 51.14%, respectivamente.
4. En los porcentajes de mortalidad por tipo de estacas se encontró el menor promedio en las estacas medias (35.73%) y el mayor en las apicales (54.46%); en lo referente a las concentraciones a base de ANA, las dosis al 0.3% (33.61%) y al 0.4% (33.2%) presentaron los menores promedios. Por lo anterior se destaca que las estacas medias y las bajas concentraciones de auxinas ofrecen una mejor posibilidad de utilizarse en futuras propagaciones de Balso blanco a través de estacas.

5. RECOMENDACIONES

1. Complementar la investigación de la propagación de la especie *Heliocarpus americanus* con estudios realizados en otros lugares o zonas de dispersión, de modo que se puedan establecer comparaciones para encontrar diferencias o similitudes en lo referente a los tratamientos utilizados.
2. Extender la investigación respecto al prendimiento y supervivencia en sitio definitivo, así mismo en la utilización de otros sustratos, concentraciones hormonales y en diferentes condiciones medioambientales con la previa determinación de la edad de las plantas, tipo de árbol y estado de lignificación.
3. Realizar ensayos donde se estime el comportamiento de la especie en un arreglo Agroforestal, para determinar su reacción al manejo técnico y la relación que establezcan con otro tipo de especies como pastos, arvenses, arbustos y árboles, así como también la capacidad de producción de biomasa y formación de mulch.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, D. Árboles de la zona cafetera Colombiana. Bogotá, Colombia, Ed. Fondo Cultural Cafetero, 1985. 350 p.

ALMENGOR, D. Árboles del canal de Panamá. [en línea]. [Guatemala]. Febrero de 1999. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.condesan.org/arracacha/air2david

ALVAREZ, P. M., NUEVA, R. L., y FIGUEROA, C. A. Propagación de plantas ornamentales. Playa, Ciudad de La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación, 1990. 130 p.

ARIAS, Rodrigo. Experiencias sobre Agroforestería para la producción animal en Guatemala. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. [en línea]. [Cali, Colombia]. Noviembre de 1998. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/livestock/agap/frq/afris/espanol/document/agrofor1/Agrofor1.htm.8k

BARCO, C. E. Propagación In Vitro de la especie forestal *Swietenia macrophylla* a partir de segmentos nodales juveniles. Tesis de postgrado (Biología). Santa Fe de Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 1998. 70p.

BENAVIDES, Jorge. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. [en línea]. [Cali, Colombia]. Noviembre de 1998. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/livestock/agap/frq/afris/espanol/document/agrofor1/bnvdes23.htm

BURBANO, O. H. Enmiendas orgánicas en fertilización de cultivos de clima frío. Ed. 2. Santa Fe de Bogotá D.C., Monómeros Colombo Venezolanos S.A., 1998. 404p.

CAICEDO, J. Caracterización ecológica y económica del balsa, (*Heliocarpus popayanensis* H.B.K.) en el municipio de Consacá, Departamento de Nariño. Pasto. Trabajo de grado (Tecnólogo Forestal). Centro de Educación Superior María Goretti. Facultad de Tecnología Forestal, 1999. 200p.

DEVLIN, Robert. Fisiología vegetal. Trad. por Xavier Llimona. Barcelona, Omega. 1970. 614p.

ESPINAL, L. Apuntes sobre flora de la región central del Cauca. Cali, Colombia: Centro de publicaciones Universidad del Valle, 1982. 230p.

GALVEZ, Arturo. Avances en la Gestión Ambiental y la Participación Social en Zonas de Montañas y su Relación con los Sistemas Pecuarios; Cuyes, lombrices, forraje y manejo de microcuencas en Matituy. En IV Seminario Internacional de Sistemas Pecuarios Sostenibles para las Montañas Tropicales". [en línea]. [Cali, Colombia]. 1995. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/waicen/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/montana.htm

HURTADO, Daniel., y MERINO, María. Cultivo de tejidos vegetales. México, Editorial Trillas S.A., 1987. p. 156.

HARTMANN, Hudson., y KESTER, Dale. Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. 2. Trad. por Antonio Marino. México, Continental S.A, 1981. 814 p.

IDEAM. 2002. Pasto, Colombia.

LLANO, G. E. Propagación de plantas. Bogotá, Colombia, Colinagro Ltda., 1972. pp. 142-156.

MAECHA, V. Arboles del Valle del Cauca. Bogotá, Colombia, ARCO, 1983. 196p.

MAFLA, Henry., y NOGUERA, Oscar. Propagación vegetativa del Sauco (*Sambucus peruviana*) en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Trabajo de grado (Ingeniería Agroforestal). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2001. 115 p.

MARROQUIN, Fernando. Evaluación de la propagación vegetativa y producción de biomasa foliar de matarratón *Gliricidia sepium* en el Valle del Patía. Trabajo de grado (Ingeniería Agronómica). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1995. 60 p.

MELCHIOR, G. Propagación agámica del Saquisaqui (*Bombacopsis quinata* Jacq Dugand). Revista Forestal Venezolana. Mérida, Venezuela. Vol 14 No. 21. 1971. 97p.

ORTIZ, Mario. Diagnostico ecológico y económico del Balso blanco (*Heliocarpus americanus*. Wats) utilizado en la purificación de la panela en el Municipio de Samaniego, Departamento de Nariño. Trabajo de grado (Ingeniería Agroforestal). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005. 72p.

PEÑUELAS, J. R., y OCAÑA, L. B. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones. Madrid, España, 1996. 190p.

PRADA, L. Mejoramiento de la calidad de la panela a través del sistema de

limpieza de jugos para pequeños y medianos productores. Bogotá, Colombia, 2002. 80 p.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE. Supuestos de Andeva, Prueba t-Student, para datos pareados. [en línea]. [Santiago de Chile], s.f. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.puc.cl/cursos/bio242a/clase9.doc

RAMACHANDRAN, P. Agroforestería. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. 415p.

RAMIREZ, J. Propagación vegetativa de pino de Colombia (*Podocarpus oleifolius* var *macrostachyus*) por injerto y por estacas. Smurfit, Cartón de Colombia. Cali, Colombia, Informe de investigación No. 179. 1997. 8p.

ROJAS, Manuel. Fisiología Vegetal Aplicada. 4a Ed. México, Interamericana McGraw-Hill. 1993. 275p.

ROSALES, Mauricio. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [en línea]. [Cali, Colombia]. Noviembre de 1998, [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/agrofor1/Rosales9.htm

SAGASTEGUI, Abundio. Compuestas Andino-Peruanas Nuevas para la ciencia. En: Revista Arnaldoa, Herbario Antenor Orrego. [en línea]. [Perú]. 1991. [citado en mayo de 2006]. Disponible en Internet: URL: www.sacha.org/pubs/books/arnald_sp.htm

TREJOS, A. Estudio sobre el "Palomo torcaz" o "Mimillo", (*Myrica sp*). Ministerio de cría, Dirección de Recursos Naturales Renovables, División de ejecución de Programas. Caracas, Venezuela, 1960. 80p.

URREGO, B., y MARIN, A. Avances en la propagación del Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) a través de estacas enraizadas. Smurfit Cartón de Colombia, Cali, Colombia,. Informe de investigación No. 180. 1997. 10p.

VILLALOBOS, V. M., TREVOR, A. T., y YEUNG, E. C. Aplicaciones del cultivo de tejidos en especies forestales. México, Editorial Ciencia y Desarrollo, 1983. 51p.

WEAVER, Robert. Reguladores de Crecimiento de las plantas en la agricultura. 1ª Ed. Trad. por Agustín Contin. México, Editorial Trillas S.A., 1987. 622 p.

Anexos

Anexo A. Análisis de varianza para la variable Brotación de Raíces en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
A	2	2672.44	1336.22	21.30**	0.0001
B	3	1897.72	632.57	10.09**	0.0002
AxB	6	465.25	77.54	1.24 ^{NS}	0.3230
Error	24	1505.29	62.72		
Total	35	6540.71			
R²=0.76		C.V. =28.18%			

** Diferencias altamente significativas

* Diferencias significativas

N.S Diferencias no significativas

Anexo B. Prueba de Tukey, realizada para el Factor A (Tipo de Estaca) y para el Factor B (Concentraciones Hormonales) en la variable Brotación de Raíces en Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).

Grupo Tukey	Promedio	Factor A
A	39.91	A2
B	24.77	A3
B	19.61	A1

Valor Crítico Estudentizado = 3.53

Significancia mínima diferencial = 8.07

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

A1: Estaca Basal

A2: Estaca Media

A3: Estaca Apical

Grupo Tukey	Promedio	Factor B
A	36.31	B2
A	34.33	B3
B	21.14	B4
B	20.60	B1

Valor Crítico Estudentizado = 3.90

Significancia mínima diferencial = 10.29

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

B1: TESTIGO

B2: 0.3% ANA

B3: 0.4% ANA

B4: 0.6% ANA

Anexo C. Análisis de varianza para la variable Brotación de Yemas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
A	2	902.64	451.32	2.71 ^{NS}	0.0866
B	3	3742.67	1247.55	7.50 ^{**}	0.0010
AxB	6	2141.56	356.92	2.15 ^{NS}	0.0849
Error	24	3992.02	166.33		
Total	35	10778.91			
R²=0.62	C.V. =38.97%				

** Diferencias altamente significativas

* Diferencias significativas

N.S Diferencias no significativas

Anexo D. Prueba de Tukey Factor B (concentraciones hormonales), en la variable Brotación de Yemas en Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).

Grupo Tukey	Promedio	Factor B
A	43.33	B2
A	41.00	B3
AB	30.46	B4
B	17.55	B1

Valor Crítico Estudentizado = 3.90

Significancia mínima diferencial = 16.77

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

- B1: TESTIGO
- B2: 0.3% ANA
- B3: 0.4% ANA
- B4: 0.6% ANA

Anexo E. Análisis de varianza para la variable Formación de Hojas en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
A	2	1439.80	719.90	4.26*	0.0261
B	3	3659.30	1219.76	7.22**	0.0013
AxB	6	3276.85	546.14	3.23*	0.0180
Error	24	4055.66	168.98		
Total	35	12431.62			
R²=0.67		C.V. =39.90%			

** Diferencias altamente significativas

* Diferencias significativas

N.S Diferencias no significativas

Anexo F. Prueba de Tukey para La interacción A x B, (A: tipo de estacas; B: concentraciones hormonales), en la variable Formación de Hojas en Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).

Para A1 (Estaca Basal) cual es el mejor B

Grupo Tukey	Promedio	Tra Factor B
A	46.93	B4
A	37.23	B3
A	17.71	B2
A	12.29	B1

Valor Crítico Estudentizado = 4.52

Significancia mínima diferencial = 34.87

Para A2 (Estaca Media) cual es el mejor B

Grupo Tukey	Promedio	Tra Factor B
A	57.29	B2
AB	51.14	B3
AB	34.22	B4
B	23.36	B1

Valor Crítico Estudentizado = 4.52

Significancia mínima diferencial = 29.07

Para A3 (Estaca Apical) cual es el mejor B

Grupo Tukey	Promedio	Tra Factor B
A	42.29	B3
A	41.16	B2
A	15.00	B1
A	12.29	B4

Valor Crítico Estudentizado = 4.52

Significancia mínima diferencial = 37.47

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

- B1: TESTIGO
- B2: 0.3% ANA
- B3: 0.4% ANA
- B4: 0.6% ANA

Anexo G. Análisis de varianza para la variable Mortalidad en la propagación vegetativa de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats.)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
A	2	2106.24	1053.12	3.50*	0.0464
B	3	4535.08	1511.69	5.02**	0.0077
AxB	6	925.04	154.17	0.51 ^{NS}	0.7932
Error	24	7225.52	301.06		
Total	35	14791.90			
R²=0.51		C.V. =38.58%			

- ** Diferencias altamente significativas
 * Diferencias significativas
 N.S Diferencias no significativas

Anexo H. Prueba de Tukey, realizada para el Factor A (Tipo de Estaca) y para el Factor B (Concentraciones Hormonales) en la variable Mortalidad en Balso blanco (*Heliocarpus americanus* Wats).

Grupo Tukey	Promedio	Factor A
A	54.46	A3
AB	44.69	A1
B	35.73	A2

Valor Crítico Estudentizado = 3.53
Significancia mínima diferencial = 17.69

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

A1: Estaca Basal
A2: Estaca Media
A3: Estaca Apical

Grupo Tukey	Promedio	Factor B
A	57.31	1
AB	55.00	4
B	33.92	3
B	33.61	2

Valor Crítico Estudentizado = 3.90
Significancia mínima diferencial = 22.56

Valores con la misma letra no representan diferencias significativas

B1: TESTIGO
B2: 0.3% ANA
B3: 0.4% ANA
B4: 0.6% ANA