

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PROPAGACIÓN EX SITU DEL ABARCO  
(*Cariniana pyriformis*: Plantas, Lecythidaceae) POR MEDIO DE ENSAYOS  
EXPERIMENTALES EN VIVERO CON EL FIN DE CONTRIBUIR A SU  
CONSERVACIÓN.



DAVID ALEJANDRO ROJAS CASTRO  
KAREN VALERIA TORO RODRIGUEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO

2023

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PROPAGACIÓN EX SITU DEL ABARCO  
(*Cariniana pyriformis*: Plantas, Lecythidaceae) POR MEDIO DE ENSAYOS  
EXPERIMENTALES EN VIVERO CON EL FIN DE CONTRIBUIR A SU  
CONSERVACIÓN.

DAVID ALEJANDRO ROJAS CASTRO  
KAREN VALERIA TORO RODRIGUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO  
Biólogo, M.Sc. en Manejo de recursos silvestres

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO

2023

**Autoridades Académicas**

**FRAY JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O. P.**

Rector General

**FRAY EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O. P.**

Vicerrector Académico General

**FRAY JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P**

Rector Sede Villavicencio

**FRAY RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.**

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

**MSc. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN**

Secretaria de División Sede Villavicencio

**MSc. WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE**

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

### **Dedicatoria**

Dedico este logro principalmente a mis padres, quienes estuvieron durante todo el proceso de mi carrera, y me brindaron el café de cada mañana para salir adelante y llevar a cabo este trabajo. A mis compañeros, profesores y cada una de las personas que fueron la base de mi carrera profesional.

*Alejandro Rojas.*

A Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, a mi querida madre, mi padre y mi hermano, mi abuelo quien es mi ángel en el cielo, por su apoyo y su amor incondicional a lo largo de este proceso. Gracias por ser mi motor y mi más grande orgullo.

*Valeria Toro.*

## **Agradecimientos**

Agradecemos profundamente a nuestro director Rodrigo Isaac Velosa Caicedo por su valiosa colaboración y apoyo brindado para el desarrollo del proyecto e igualmente, agradecemos a cada uno de nuestros docentes que fueron parte del proceso de nuestra formación profesional.

De manera especial agradecemos a la empresa Bosques, Suelos & Aguas por ser uno de los mayores actores y facilitadores para la ejecución de nuestro proyecto de grado, por haber puesto a nuestra disposición sus instalaciones y haber depositado en nosotros su confianza, a nuestros compañeros y líderes de trabajo por aportarnos sus conocimientos y estar siempre dispuestos a enseñarnos.

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “AGROSAVIA” por abrirnos las puertas de sus instalaciones y permitirnos extraer información de gran valor para la ejecución de nuestro proyecto de grado.

## Contenido

Resumen.....	12
Abstract .....	13
Introducción .....	14
Formulación del problema .....	16
Objetivos .....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos .....	17
Justificación .....	18
Alcance .....	20
Antecedentes .....	22
Marcos de Referencia .....	25
Marco Teórico.....	25
Marco Conceptual.....	27
Marco Legal.....	28
Metodología .....	31
Fase I.....	32
Fase II. ....	32
Fase III. ....	34
Resultados .....	35
Discusión de resultados .....	52
Conclusiones .....	54
Recomendaciones .....	55

Evaluación del potencial de propagación asexual del abarco ( <i>Cariniana pyriformis</i> )	7
Referencias bibliográficas.....	56
Anexos .....	64

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Marco Legal .....	28
<b>Tabla 2.</b> Distribución y valores promedio de altura total (m), altura comercial(m) y Diámetro a la altura del pecho –DAP(m), de 53 individuos de abarco, discriminados por localidad de colecta. ....	35
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de individuos que presentan las características fenológicas de 53 individuos encontrados de la especie <i>Cariniana pyriformis</i> discriminados por localidad. ...	36
<b>Tabla 4.</b> Promedio, valores mínimo y máximo, coeficiente de variación y error estándar del número de yemas discriminado por tipo de corte del esqueje y tratamiento con hormona (no se incluye el tipo de sustrato en el tratamiento). ....	45
<b>Tabla 5.</b> Promedio, valores mínimo y máximo, coeficiente de variación y error estándar del número de hojas discriminado por tipo de corte del esqueje y tratamiento con hormona (no se incluye el tipo de sustrato en el tratamiento). ....	46
<b>Tabla 6.</b> Criterios a evaluar en arboles semilleros. ....	66
<b>Tabla 7.</b> Valores ponderados de los parámetros a evaluar. ....	68
<b>Tabla 8.</b> Protocolo de transporte de esquejes. ....	70
<b>Tabla 9.</b> Protocolo de desinfección de sustratos. ....	71
<b>Tabla 10.</b> Protocolo de desinfección de tubetes. ....	72
<b>Tabla 11.</b> Evaluación y caracterización de árboles parentales. ....	75
<b>Tabla 12.</b> Promedio de yemas, hojas y presencia de callos radiculares en esquejes de abarco, discriminados por tratamiento (Nota: los valores fueron distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento). ....	81
<b>Tabla 13.</b> Tabla descriptiva de cada tratamiento. ....	82

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Localización del Centro de Propagación de Especies Forestales Tropicales (CPEFT) de la empresa Bosques, Suelos y Aguas, vereda Vanguardia, Villavicencio. Fuente autores.....	21
<b>Figura 2.</b> Metodología para el desarrollo del proyecto.....	31
<b>Figura 3.</b> Valoración del estado fenológico de 53 individuos de abarco muestreados, discriminado por localidad de estudio. ....	38
<b>Figura 4.</b> Valoración global del estado fenológico de la población total de abarcos muestreada. ....	38
<b>Figura 5.</b> Distribución de 53 individuos de ( <i>Cariniana pyriformis</i> ) como fuente de esquejes en este estudio, discriminada por localidad. ....	40
<b>Figura 6.</b> Relación del número de yemas producidas en los esquejes con la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.....	41
<b>Figura 7.</b> Número promedio de yemas distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento. ....	42
<b>Figura 8.</b> Número promedio de hojas distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento. ....	43
<b>Figura 9.</b> Número de callos radiculares distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento. ....	43
<b>Figura 10.</b> Dendograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con el número promedio de yemas (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice de Bray-Curtis y el método de agrupamiento promedio en grupos –UPGMA). ....	48
<b>Figura 11.</b> Dendograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo al número promedio de hojas (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice de Bray-Curtis y el método de agrupamiento promedio en grupos –UPGMA). ....	49
<b>Figura 12.</b> Dendograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con la presencia – ausencia de callos radiculares en los esquejes (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice binario de Jaccard y el método de agrupamiento promedio en grupos –U .....)	50
<b>Figura 13.</b> Barreras rompe vientos.....	64
<b>Figura 14.</b> Bosque protector.....	64

<b>Figura 15.</b> Parte exterior del invernadero.	
<b>Figura 16.</b> Parte interior del invernadero.....	65
<b>Figura 17.</b> Eras elevadas de ensayos.....	65
<b>Figura 18.</b> Distribución geográfica del género <i>Cariniana</i> en América Latina.....	66
<b>Figura 19.</b> Descripción grafica de la zona de corte de la rama.....	69
<b>Figura 20.</b> Proceso de inmersión de los esquejes en IBA.....	73
<b>Figura 21.</b> Proceso de Inmersión de los esquejes en Hormonagro.....	74
<b>Figura 22.</b> Caracterización de individuos de Abarco, en AGROSAVIA, sede “La Libertad”. .....	78
<b>Figura 23.</b> Caracterización de individuos de Abarco, ubicados en el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, de Villavicencio.....	79
<b>Figura 24.</b> Caracterización de individuos ubicados en la reserva natural de la sociedad civil “Los Maracos”, en el municipio de San Juan de Arama - Meta.....	80
<b>Figura 25.</b> Presencia de formación de callos en la zona generatriz del esqueje.....	83

### Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Modelos agroforestales. ....	64
<b>Anexo 2.</b> Invernadero en su parte exterior, interior y eras de siembra. ....	65
<b>Anexo 3.</b> Distribución geográfica género <i>Cariniana</i> . ....	66
<b>Anexo 4.</b> Criterios para evaluar en arboles semilleros. ....	66
<b>Anexo 5.</b> Zonas de corte en la rama. ....	69
<b>Anexo 6.</b> Protocolo de transporte de esquejes. ....	70
<b>Anexo 7.</b> Protocolo de desinfección de sustratos. ....	70
<b>Anexo 8.</b> Protocolo de desinfección de tubetes. ....	72
<b>Anexo 9.</b> Inmersión de los esquejes en IBA. ....	73
<b>Anexo 10.</b> Inmersión de los esquejes en Hormonagro. ....	74
<b>Anexo 11.</b> Evaluación y caracterización de árboles parentales. ....	75
<b>Anexo 12.</b> Individuos de Abarco, en AGROSAVIA, sede “La Libertad”. ....	78
<b>Anexo 13.</b> Individuos de Abarco, ubicados en el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, de Villavicencio. ....	79
<b>Anexo 14.</b> Individuos ubicados en la reserva natural de la sociedad civil “Los Maracos”, en el municipio de San Juan de Arama - Meta. ....	80
<b>Anexo 15.</b> Tabla descriptiva de tratamientos distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento. ....	81
<b>Anexo 16.</b> Tabla descriptiva de cada tratamiento. ....	82
<b>Anexo 17.</b> Zona generatriz del esqueje. ....	83
<b>Anexo 18.</b> Protocolo de propagación del Abarco. ....	84

## Resumen

Este proyecto pretende evaluar el desarrollo de un método de propagación asexual del abarco *Cariniana pyriformis* por medio de ensayos experimentales, teniendo en cuenta un diseño factorial de 3 x 3 x 5 que incluyó el empleo de tres tipos de sustrato (Turba, Fibra de Coco y Corteza de pino con Arena), tres tipos de corte (apical, nodal, basal), cuatro concentraciones de la hormona del crecimiento Acido Indol Butírico (IBA al 0%, 0.6%, 0.8%, 1%) y una de Hormonagro1 (talco), con el objeto de evaluar la propagación de la especie. Se estableció inicialmente la ubicación, georreferenciación, estado fenológico y número de individuos adultos maduros de abarco, registrándose un total de 53 individuos, 41 de ellos en los predios de AGROSAVIA “La Libertad”, 5 en el ICA de Villavicencio, y 7 en el municipio de San Juan de Arama, Meta -Reserva de la Sociedad Civil “Los Maracos”. Posteriormente se realizó el montaje e implementación de los tratamientos experimentales para el enraizamiento de los esquejes, donde se obtuvo un total de 45 tratamientos y se realizaron 54 réplicas por tratamiento, se realizó un monitoreo semanal durante 8 semanas consecutivas. Se tuvieron en cuenta variables como la aparición de yemas, hojas y presencia de raíces. Se utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño descriptivo - Análisis Factorial y se realizó un análisis de Varianza ANOVA con la prueba de Kruskal - Wallis para detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

Donde se obtuvo una mayor respuesta al número de yemas, hojas y callos, con el tratamiento testigo en la zona basal y en el sustrato de Turba, con una media de 3,35 yemas y 4,99 hojas; se observó la formación de callos en el 1,81% de los esquejes que está directamente relacionada con células no diferenciadas involucradas en el enraizamiento. Finalmente, se estableció el protocolo de propagación asexual del abarco, que incluye información relevante de la especie, el adecuado transporte para la posterior siembra, y las condiciones e individuos que presentaron mayores resultados en este estudio, basados en la experiencia obtenida bajo los parámetros establecidos para este estudio.

**Palabras Clave:** Abarco, *Cariniana pyriformis*, Acido Indol Butírico (IBA), Hormonagro, Propagación asexual.

### Abstract

This project aims to evaluate the development of a method of asexual propagation of the abarco *Cariniana pyriformis* by means of experimental trials, considering prep a factorial design of 3 x 3 x 5 that included the use of three types of substrate (peat, coconut fiber and pine bark with sand), three types of cut (apical, nodal, basal), four concentrations of the growth hormone Indole Butyric Acid (IBA at 0%, 0.6%, 0.8%, 1%) and one of Hormonagro1 (talco), in order to evaluate the propagation of the species. Initially, the location, georeferencing, phenological state and number of mature adult abarco individuals were established, registering a total of 53 individuals, 41 of them in AGROSAVIA "La Libertad", 5 in the ICA of Villavicencio, and 7 in the town of San Juan de Arama, Meta -Reserva de la Sociedad Civil "Los Maracos". Subsequently, the experimental treatments for the rooting of the cuttings were assembled and implemented, where a total of 45 treatments were obtained and 54 replicates per treatment were carried out, a weekly monitoring was carried out during 8 consecutive weeks. Variables such as the appearance of buds, leaves and presence of roots were considered prep. A quantitative approach was used with a descriptive design - Factorial Analysis and an analysis of Variance ANOVA with the Kruskal - Wallis test was performed to detect significant differences between treatments.

Where a greater response to the number of buds, leaves and callus was obtained with the control treatment in the basal zone and in the peat substrate, with an average of 3,35 buds and 4,99 leaves; the formation of callus was observed in 1.81% of the cuttings which is directly related to undifferentiated cells involved in rooting. Finally, the protocol for asexual propagation of abarco was established, which includes relevant information on the species, appropriate transport for subsequent planting, and the conditions and individuals that showed the best results in this study, based on the experience obtained under the parameters established for this study.

**Key Word:** Abarco, *Carinian piryformis*, Indole Butyric Acid (IBA), Hormonal, Cuttings, Propagation, Asexual.

## Introducción

La conservación de especies forestales presenta un alto grado de relevancia para el país y para la región de la Orinoquía en particular, debido a que muchas de sus poblaciones han sido y están siendo sometidas a una intensa explotación maderera; algunas de ellas han sido categorizadas en riesgo de extinción, según el libro rojo de especies maderables amenazadas de Colombia. El 16% de especies forestales se encuentran en peligro crítico, debido a una reducción del tamaño de la población mayor del 80% observada en los últimos años, a la disminución del área de ocupación y al deterioro de la calidad del hábitat por los altos niveles de explotación maderera, de acuerdo a reportes de las Corporaciones Autónomas Regionales del país (Cárdenas & Salinas, 2007).

El avance de la frontera agropecuaria, la tala selectiva, la disminución de sus poblaciones naturales y la afectación de su estructura poblacional han traído como consecuencia la fragmentación del hábitat (primera causa de pérdida de biodiversidad en Colombia) (García Romero, 2013), que afecta a su vez las tasas demográficas y conducen a una rápida disminución de la población, aumentando la vulnerabilidad de la especie. A lo anterior se le suman algunas amenazas indirectas relacionadas con factores socioeconómicos – desempleo en particular, que ocasiona presión sobre las poblaciones silvestres, el tráfico ilegal por su alto valor maderable, y aún un factor institucional relacionado con la desarticulación, falta de planificación y ejercicio de la autoridad ambiental. (Morales Mora G, 2018).

Colombia, catalogada como uno de los países más diversos en flora silvestre, registra 796 especies categorizadas por algún tipo de amenaza, anota el fondo mundial para la naturaleza (WWF, 2020) donde destaca doce especies del reino vegetal amenazadas, entre las cuales se encuentra el abarco. Según el Instituto Humboldt (2013) dentro del listado de especies priorizadas en la Orinoquía se reconocen 73 especies en riesgo distribuidas en 24 familias y 62 géneros.

El abarco es una especie perteneciente a la familia Lecythidaceae que ha sido catalogado en Peligro Crítico en Colombia debido a su elevado valor comercial de la madera y a su excelente calidad, en el que destaca su uso en carpintería y construcción, lo cual le configura un riesgo inminente de extinción de no tomarse acciones específicas de conservación en el corto plazo; las causas de ese alto riesgo están dadas por la sobreexplotación, y por la alta transformación y destrucción de su hábitat; la población colombiana de la especie se encuentra distribuida históricamente en solo 20 localidades aproximadamente, con una reducción aproximada del 80%

en los últimos 100 años, de acuerdo a la serie de Libros Rojos de plantas de Colombia (Calderon , Galeano, & Garcia, 2005).

De acuerdo a la literatura, la mayoría de las especies de plantas maderables tienen porcentajes bajos de germinación debido a diversos tipos de latencia del embrión (morfológica, física, química, mecánica, fisiológica), y a problemas fitosanitarios de las semillas (ataque por hongos) dada las altas precipitaciones y temperaturas de la región que facilitan el ataque de patógenos a las semillas; sin mencionar el déficit de estudios sobre propagación asexual (Moreno & del Valle, 2015). Esto constituye también un problema para la conservación de la especie, ya que ocasiona serias dificultades para la propagación en masa de la especie –vivero, con fines de conservación-restauración de los hábitats naturales.

### **Formulación del problema**

Con la intención de desarrollar un método adecuado de propagación vegetativa de esta valiosa especie que incremente la producción de plántulas, dado el reducido número de individuos adultos; se plantea la siguiente pregunta problema: ¿Cuál es el potencial de propagación asexual del abarco (*Cariniana pyriformis*) por medio de ensayos experimentales en vivero haciendo uso de diferentes tipos de sustrato y de concentraciones de un regulador del crecimiento de plantas (Ácido Indol 3 Butírico –IBA) durante un periodo de seguimiento de 2 meses en el vivero CPEFT de la empresa Bosques, Suelos y Aguas Ltda en la ciudad de Villavicencio, Meta? Se plantea entonces como hipótesis nula de investigación que los diferentes tipos de sustrato y concentraciones de la hormona IBA no afectan el grado de enraizamiento, número de raíces, longitud de la raíz y el vigor en términos de plantas con hojas verdes y nuevos brotes bajo las condiciones del ensayo experimental delineado en este estudio.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar el potencial de propagación asexual del Abarco *Cariniana pyriformis* por medio de ensayos experimentales con diferentes tipos de corte de esquejes, sustratos y hormonas de crecimiento en vivero, con fines de conservación y propagación.

### Objetivos Específicos

- Realizar una búsqueda y caracterización de los individuos maduros de la especie *Cariniana pyriformis*, que incluya la ubicación, estado y número de árboles parentales en campo, para su uso como plantas madre.
- Analizar la efectividad de diferentes métodos de propagación vegetativa (esquejes) por medio de ensayos experimentales con cortes de esquejes, sustratos y hormonas de crecimiento que promuevan el enraizamiento.
- Establecer lineamientos para la generación de un protocolo de propagación ex situ de la especie por métodos asexuales.

## Justificación

La importancia de proteger las especies forestales tropicales radica en sus aportes de beneficios ambientales (reservorios de vida), sociales (recreación y paisajismo) y económicos (fuente de materias primas) que brindan a los ecosistemas y a la sociedad (Ambiente, 2020). El abarco (*Cariniana pyriformis*) al no ser una especie con un número alto de individuos reproductivos en su medio natural, fuera del departamento del Meta, presenta problemas serios para su propagación masiva en zonas fuertemente afectadas por la degradación ambiental. También se ha establecido que el abarco presenta potencial para sistemas agroforestales con café y cacao, donde se plantea como bosque protector y como barreras rompe vientos (**Ver anexo I**), lo que evita la degradación de los suelos, favorece la biodiversidad, las interacciones medioambientales, y ayuda a mitigar el cambio climático (Farfán Valencia, 2014). Estos a su vez, ayudan a mantener las funciones de servicios ambientales y ecológicos, a través de la regulación hidrológica, fijación de carbono y nitrógeno, captura de gases invernadero, limpieza de atmósferas contaminadas y paisajismo (Baez Daza, 2018).

El Abarco ofrece un sin número de bondades y entre estas encontramos que su madera sirve para construcción general y carpintería, muebles, acabados interiores, construcción naval, pisos, chapas para contrachapado, carretería y tornería; cabe resaltar que su durabilidad es de alta resistencia. Por otra parte, sus semillas se utilizan para propagación y como alimento en algunas regiones del Amazonas; su corteza es utilizada en amarres de carpas, y sirve de tratamiento contra infecciones digestivas, además de su uso para la fabricación de sandalias o abarcos; de ahí la importancia de la implementación de técnicas de propagación de la especie (Morales Mora, 2018).

Con la divulgación de los resultados de este estudio, se puede generar conciencia ambiental, definida por Febles (2004) como experiencias y conocimientos que utilizamos para relacionarnos con el entorno; en este caso, a través de la realización de actividades de conservación, recuperación y protección del abarco en el largo plazo; en particular en el departamento del Meta, a través de la propagación y siembra bajo diferentes modelos de producción como parcelas comerciales en monocultivo, siembra asociada a sistemas silvo pastoriles, y siembra asociada a sistemas agroforestales. De esta manera se generarían a futuro ingresos económicos ya sea a través de la venta de madera la cual es de altísima calidad, y de la venta de semillas y plántulas las cuales tienen un alto costo en el mercado forestal. A lo anterior se le suma la contribución de estas acciones en

la reducción de las crecientes amenazas sobre esta especie y al aumento de la población plantada en el departamento del Meta.

### Alcance

Este estudio se desarrolló en el marco del macro proyecto 84688 de la convocatoria 901 de 2021 del Ministerio de Ciencias y Sena-Innova denominado “Establecimiento del Centro de Propagación de Especies Forestales Tropicales” ejecutado por la empresa Bosques, Suelos y Aguas Ltda. y la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio.

En primera instancia se obtuvieron esquejes de árboles de abarco que cumplan con las condiciones adecuadas para su propagación, dada su altura y edad. Se planteó la realización de diferentes tipos de corte de esquejes, el uso de fitohormonas en distintas concentraciones aplicadas a diferentes sustratos de enraizamiento conformados principalmente por fibra de coco, turba y corteza de pino con arena. El escenario de investigación fue la ciudad de Villavicencio, vereda Vanguardia, vivero de la empresa Bosques, Suelos y Agua Ltda. ubicado en el km 5 vía Villavicencio – Restrepo; este vivero está certificado por el ICA, mediante Resolución 0009821 de 2022, presenta una temperatura promedio anual de 25.5°C, precipitación promedio anual de 4.327mm y una humedad relativa que oscila entre 67% y 83% (BSA, 2020), y en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio, Campus Aguas Claras. El invernadero donde se realizaron los ensayos presenta las siguientes dimensiones: 7,5 metros de frente, 15 metros de fondo y 5 metros de alto; está cubierto con malla antitrips en su parte exterior y con poli sombra negra a 2,70 metros de altura en su interior; los ensayos se realizaron en eras a 1 metro del suelo (*Ver anexo 2*). La ubicación del vivero de la empresa Bosques, Suelos y Aguas Ltda. se ilustra en la **Figura 1**

**Figura 1.** Localización del Centro de Propagación de Especies Forestales Tropicales (CPEFT) de la empresa Bosques, Suelos y Aguas, vereda Vanguardia, Villavicencio. Fuente autores.



## Antecedentes

*Cariniana Pyriformis* ha sido exportada a Estados Unidos, sin embargo, no tuvo éxito debido a los altos contenidos de sílice en la madera, ya que dañaba las cuchillas de acero, por lo tanto, tenían que usar cuchillas diamantadas que para la época de 1979 eran menos asequibles. Existen otras especies del género *Cariniana* como *C. rubra*, *C. doméstica* y *C. penduliflora* que están relacionadas con *Cariniana Pyriformis* a pesar de que no todas se encuentran en territorio Colombiano (**Ver anexo 3**), (Prance & Mori, 1979), este vínculo entre géneros se debe a que las especies presentan frutos dehiscentes, que abren mecánicamente para liberar la semilla a diferencia de los frutos carnosos (Rodríguez Trejo, 2012).

Predominan estudios de reproducción sexual para la especie *C. Pyriformis*, todos desarrollados en territorio colombiano, debido a estos vacíos en propagación vegetativa se relaciona con la familia de Lecythidaceae, donde Huisa, (2015) realizó un estudio con Castaña (*Bertholletia excelsa*) en la provincia de Tambopata, Perú. Dicho estudio pretendía determinar la dosis óptima de ácido indol butírico (IBA) para el enraizamiento de estaquillas juveniles, en donde se utilizaron concentraciones de 4000 ppm, 6000 ppm y 8000 ppm, donde no se obtuvo presencia de enraizamiento.

El abarco ha sido usada exitosamente para reforestación en zonas húmedas tropicales en Colombia (Betancur & Raigosa, 1973) sin embargo también tolera suelos ácidos con potencial de hidrogeniones entre 4.5 y 5.5 (Villamizar. W, 2021). Esto ha llevado a la realización de estudios en el departamento de Santander, enfocados a determinar el efecto de hidrogel sobre el crecimiento y supervivencia de plántulas de abarco bajo condiciones experimentales, con el objetivo de reemplazar los riegos en épocas de sequía (Prato, Sánchez, Zuluaga, & Souza, 2020).

Apunta Roncancio Guerrero (1998) en su guía para plantaciones forestales comerciales en Córdoba, los requerimientos ambientales de 18 especies forestales en Colombia, entre esas el abarco, donde se hace alusión a las condiciones climáticas, fisiográficas y edáficas en las que debe ser plantado la especie.

También se reportan algunos trabajos relacionados con el establecimiento de planes de manejo de la especie en las áreas de la CAR, Cundinamarca, donde se formulan diversas estrategias para su manejo y conservación (Morales Mora, 2018). En un trabajo de grado realizado por Muñoz (2020) en Sardinata, Norte de Santander, se reportan resultados de pruebas experimentales de

germinación y propagación con el abarco mediante el empleo de hormonas del tipo de las Giberelinas; este estudio incluye también la caracterización y georreferenciación de la especie en la zona de estudio, el seguimiento de las etapas fenológicas, la implementación de los tratamientos programados para la germinación de la semilla y finalmente la evaluación de los resultados mediante análisis de varianza ANOVA. En la elaboración del estudio, Muñoz (2020) utilizó un enfoque cuantitativo con diseño de campo y descriptivo; mediante los datos arrojados por el análisis de varianza sobre la variable porcentaje de germinación se pudo concluir que no hubo cambios significativos entre el proceso pre germinativo con la hormona Giberelina (Ácido Giberélico) con las diferentes concentraciones, ni con el testigo empleado (agua pura). Por lo tanto, el anterior estudio estableció que, bajo las condiciones experimentales utilizadas, no hay necesidad de aplicar el método pre germinativo con hormona Giberelina para la propagación del abarco. No obstante, es desconocido hasta el momento el efecto que pueden tener otro tipo de fitohormonas tales como el Ácido Indol butírico IBA, Acido Indolacético IAA, el Ácido Naftaleno acético y el Ácido dicloro fenil acético entre otros, los cuales son utilizados como reguladores del crecimiento en plantas en general.

La mayor parte de la información en cuanto a la importancia y propagación del abarco ha sido producida por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –AGROSAVIA y por la Universidad Nacional de Medellín. El mayor número de documentos recientes se relaciona con las Ciencias Biológicas y Agricultura, y un bajo número de ellas con Ciencias Ambientales. Se destacan algunos estudios de campo enfocados a determinar la emergencia de las plántulas de abarco y la biometría de semillas y frutos en Colombia (Sarmiento, Caicedo, Pelaez, & Garzon, 2019). Otros estudios han destacado la importancia del abarco para comunidades rurales en Colombia (Estupiñan Gonzalez & Jimenez Escobar, 2010) en un contexto de desarrollo sostenible.

En el departamento de Córdoba se realizaron ensayos con injertos de abarco, utilizando plántulas jóvenes de 4 meses y en el que se realizó la propagación vegetativa con árboles plus de más de 15 años de edad, todo esto con el fin de conservar su patrón genético, después de un año de los injertos, se aprecia exitosamente la cicatrización de la especie, cabe resaltar que todo el ensayo fue realizado en condiciones óptimas de temperatura y humedad (TvAgro, 2016).

Con respecto a la reproducción asexual del abarco se encuentra vacíos en las búsquedas, ya que los estudios de dicha especie están enfocados en la reproducción sexual en la cual se pueden encontrar diversos tratamientos pre germinativos, sanitarios y planes de manejo y conservación en

Cundinamarca y Santander; y en otras técnicas como los injertos anteriormente mencionados. No hay planes de manejo formulados para esta especie en la Orinoquía ya que no es una especie que cuente con poblaciones naturales en la región.

## Marcos de Referencia

### Marco Teórico

La reproducción vegetativa puede ser definida como la propagación de una planta por medio de tejidos u órganos como raíces, tallo, ramas y hojas. Según sean las condiciones de crecimiento cualquier parte de una planta tiene la capacidad para dar origen a otra con iguales características, ya que los individuos maduros conservan en sus células vegetales la suficiencia de multiplicarse, diferenciarse y así mismo dar origen a estructuras, estos grupos celulares pueden ser de orden primario o secundario y forman parte de los meristemos y se encuentran en todos los órganos de las plantas, a su vez, están conformados por células no diferenciales que contienen la información genética y fisiológica para la formación de una nueva planta con iguales características a las de la planta madre (García Lozano, Alarcón Rojas, & Rojas Gonzalez, 2004).

La reproducción asexual o vegetativa brinda la capacidad de reproducir material genético valioso, asegurando un rápido desarrollo genético a través de la selección y reproducción de genotipos individuales que permiten la producción de grupos de individuos homogéneos y productivos (Negash & Van Staden, 2003).

Los métodos y técnicas utilizados en la propagación asexual son: estacas o esquejes provenientes de tallos, raíces u hojas; los injertos de las yemas o los brotes laterales y acodos aéreos. Estos métodos presentan grandes ventajas ya que los individuos propagados replican las características de la planta madre de la cual provienen y se destacan por su alto rendimiento, calidad y resistencia (Cardona Cardozo & Vargas Ríos, 2004). Sin embargo, no todos los métodos son viables en todas las especies, algunas de ellas tienen la capacidad de enraizar más rápido dependiendo si son herbáceas o leñosas (D. Rojas, comunicación personal, 10 de marzo de 2023).

La técnica del injerto presentó éxito en la especie *Cariniana Pyriformis*, en un trabajo realizado por el Ingeniero forestal Juan Gonzalo Ángel (TvAgro, 2016) donde las plántulas fueron llevadas a campo después de 365 días, lo que destaca que estos métodos de reproducción conllevan periodos considerables de tiempo y deben ser llevados a cabo en condiciones similares a las del ejemplar en campo.

La propagación por esquejes es afectada por diferentes factores tales como el sustrato o medio de crecimiento, las hormonas de plantas, la especie de planta, la salud de la planta madre donde se

extraen los esquejes, el tipo de corte, y el tamaño del corte (Negash & Van Staden, 2003). Algunos estudios realizados con el abarco han investigado sus propiedades fisiológicas y ecológicas (Cárdenas & Salinas, 2007), sin embargo, son muy escasos los estudios sobre la reproducción asexual en esta especie.

De tiempo atrás hay consenso entre los investigadores de que la propagación vegetativa en árboles, principalmente en zonas tropicales, puede mejorar la calidad y cantidad de los productos forestales derivados principalmente de plantaciones comerciales (Negash & Van Staden, 2003).

Gran parte de la interacción que tiene la planta con factores externos (luz, agua, nutrientes, temperatura, humedad), e internos (hormonas) influye en su correcto desarrollo. Las fitohormonas o hormonas vegetales, son aquellos elementos localizan en un lugar determinado de la planta y se desplazan a otros actuando en muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo, aparición de raíces, yemas e influyendo en otras funciones básicas de la planta (García Lozano, Alarcón Rojas, & Rojas Gonzalez, 2004). Para agilizar estos procesos de crecimiento se pueden inducir diferentes concentraciones de hormonas como IBA o giberelinas, comúnmente usadas como enraizadoras. Las dosificaciones varían en cada especie por lo que se encuentran estudios de la familia Lecythidaceae, sin resultados de enraizamiento y en los que se recomienda experimentar con diferentes valores en la dosis (Huisa, H, 2015).

Además, se encuentran técnicas orgánicas para promover el enraizamiento como el agua de lentejas, agua de coco y cristal de sábila en la propagación de especies como *Coffea Canephora*, en el que se destacan los resultados con cristal de sábila, donde se mezclan 50 g en 1 litro de agua. Técnicas que nos brindan información relevante, ya que no siempre es necesario utilizar productos químicos y con precios elevados, en contraste existen diferentes tipos de enraizadores orgánicos con los que valdría la pena experimentar en otras especies (Guamán et al., 2019).

Desde el punto de vista ambiental, es factible superar las limitaciones impuestas a la propagación de las plantas, principalmente de aquellas que aparecen en fases sesionales tardías como la mayoría de especies maderables, incluyendo el abarco (baja tasa de germinación, periodos irregulares de floración y fructificación de las especies, ciclos de vida extensos), por medio de la propagación asexual o vegetativa, ya que con este método se conserva y captura la variación genética en los programas de mejoramiento y multiplicación de los árboles (Negash & Van Staden, 2003).

## Marco Conceptual

Las **especies amenazadas** son aquellas que se encuentran categorizadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN- o por los Libros Rojos Nacionales, como: Extinto EX; Extinto en Estado Silvestre EW; En Peligro Crítico (CR) cuando una especie se encuentra en riesgo muy alto de extinción; En Peligro (EN) cuando enfrenta factores altos de extinción, pero no se encuentra en peligro crítico; Vulnerable (VU) cuando enfrenta un deterioro en sus poblaciones y riesgo moderado de extinción. Según la (UICN, 2012) los criterios importantes para clasificar una especie de acuerdo con el riesgo de extinción son: tamaño de la población, tamaño del área y la viabilidad de la población (Cárdenas & Salinas, 2007).

La **conservación *ex situ*** tiene como objetivo mantener las poblaciones existentes de especies en peligro de extinción principalmente, apoyar los programas de conservación y garantizar la propagación a largo plazo de especies raras y que se encuentren en peligro. Se incluyen los depósitos de germoplasma, y centros de propiedad y manejo de vida silvestre, agrupados en instalaciones para fauna (zoológicos, centros de rescate, centros de transporte, y museos) y flora (viveros, jardines botánicos y herbarios) (Banco Interamericano de Desarrollo & Comunidad Andina -CAN-, 2001).

La **reproducción en viveros** está basada en una serie de actividades diversas que, dependiendo de los diferentes objetivos, pueden garantizar materias primas de alta calidad que satisfagan la demanda del mercado y mantengan la oferta de producción. El conocimiento de las cualidades físicas y genéticas de las materias primas utilizadas es, por tanto, fundamental, ya que la garantía de unos resultados óptimos depende en gran medida del correcto procesamiento de las semillas, frutos y el material vegetal asexual (esquejes, injertos, acodos etc.) (Correa Rincon & Jacome Erazo, 2015).

La producción a través de **estacas o esquejes** promueve la formación de brotes aéreos y brotes de raíz a partir de la pequeña área del tallo; es una técnica sencilla y de bajo costo que puede ser desarrollada en espacios pequeños. Por otro lado, el **injerto** es un método donde se unen dos plantas para que continúen su desarrollo como una sola y es útil en especies que no se reproducen fácilmente por estacas o acodos (Aldhous & Mason, 1972). Para la iniciación de raíces adventicias en esquejes se han empleado diversas hormonas vegetales, especialmente auxinas, y en menor medida citoquininas y giberelinas (Lucero 2014). A base de estas hormonas se elaboran los

enraizantes que se presentan en forma líquida o en polvo (Grupo Iñesta 2018). Las principales materias activas hormonales son el ANA (ácido naftalenacético), el IBA (ácido indolbutírico) y el AIA (ácido indolacético), que funcionan con dosificaciones muy bajas entre 0,2% y 0,5% y regulan el crecimiento vegetal al favorecer la multiplicación de las células (Flores y Plantas 2017).

El **ácido indol-3-butírico (IBA)** es un promotor para el crecimiento de las raíces laterales de las plantas, la dosis y época de aplicación son críticas para estimular el enraizamiento; es una fitohormona que actúa al entrar en contacto con la raíz, estimulando el sistema radical (formación de callos) y propiciando mayor emisión y crecimiento de raíces, con lo que se consigue una mayor tasa de enraizamiento y una mejor exploración del suelo. Se utiliza en propagación asexual al introducir la parte inferior del esqueje dentro del polvo, de modo que el producto se adhiera a la superficie del corte. También es empleado en solución, y en aspersiones foliares, como biorregulador del crecimiento vegetal (Colinagro 2017).

Al igual que el IBA, el **hormonagro 1** es un estimulante radicular, bastante utilizado en estacas, esquejes y acodos, viene en talco, donde el esqueje es introducido y posteriormente sembrado. Es más asequible que el IBA por lo que comercialmente es más usado. (Agroactivo 2023)

## Marco Legal

*Tabla 1. Marco Legal*

<b>Decreto Ley 2811 de 1974</b>
Establece el Código Nacional de Recursos Renovables y Protección al Ambiente tiene por objeto proteger, restaurar y conservar el medio ambiente, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables, y regular el comportamiento de las personas, ya sea de manera individual o grupal. <b>Artículo 2.</b> El ambiente es un patrimonio común de la sociedad, fundamental para la supervivencia y desarrollo; este código tiene como objetivo la preservación, restauración, conservación y mejoramiento del ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1974).
<b>Ley 17 de 1981</b>

**Tabla 1. Continuación**

<p>La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres fue ratificada y firmada en Washington. 3 de marzo de 1973 y aprobada por medio de esta ley (Congreso de la República, 1981).</p>
<p><b>Ley 165 de 1994</b></p>
<p>Se ratificó el Acuerdo sobre Biodiversidad, adoptado en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. <b>Artículo 8:</b> Restaurar ecosistemas degradados y facilitar la recuperación de especies en peligro de extinción, incluso mediante el desarrollo e implementación de otros planes y estrategias de gestión (Congreso de la República, 1994).</p>
<p><b>Resolución 970 de 2010</b></p>
<p>Forma parte de una serie de normas emitidas por el IICA como organismo fitosanitario nacional para el control de las enfermedades transmitidas por las semillas y las características genéticas y fisiológicas. Esta resolución define la producción, regulación, importación, exportación, almacenamiento, comercialización y/o uso de semillas cultivadas en el país (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2018).</p>
<p><b>Resolución 383 de 2010:</b></p>
<p>Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).</p>
<p><b>Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos de 2012:</b></p>
<p>El objetivo de la política es “promover la gestión integrada de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos para mantener y mejorar la resiliencia de los sistemas socio ecológicos a escala nacional, regional, local y transfronteriza, teniendo en cuenta los escenarios de cambio que se han producido a nivel nacional, por medio de la acción conjunta y coordinada de los sectores productivos y de la sociedad civil”. Se menciona especialmente la importancia que tiene la especie <i>Cariniana pyriformis</i>, y se recalca la disminución, pérdida y degradación que ha presentado en los ecosistemas nativos a nivel nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).</p>
<p><b>Estrategia Nacional para la prevención y control del tráfico ilegal de especies silvestres de 2012:</b></p>

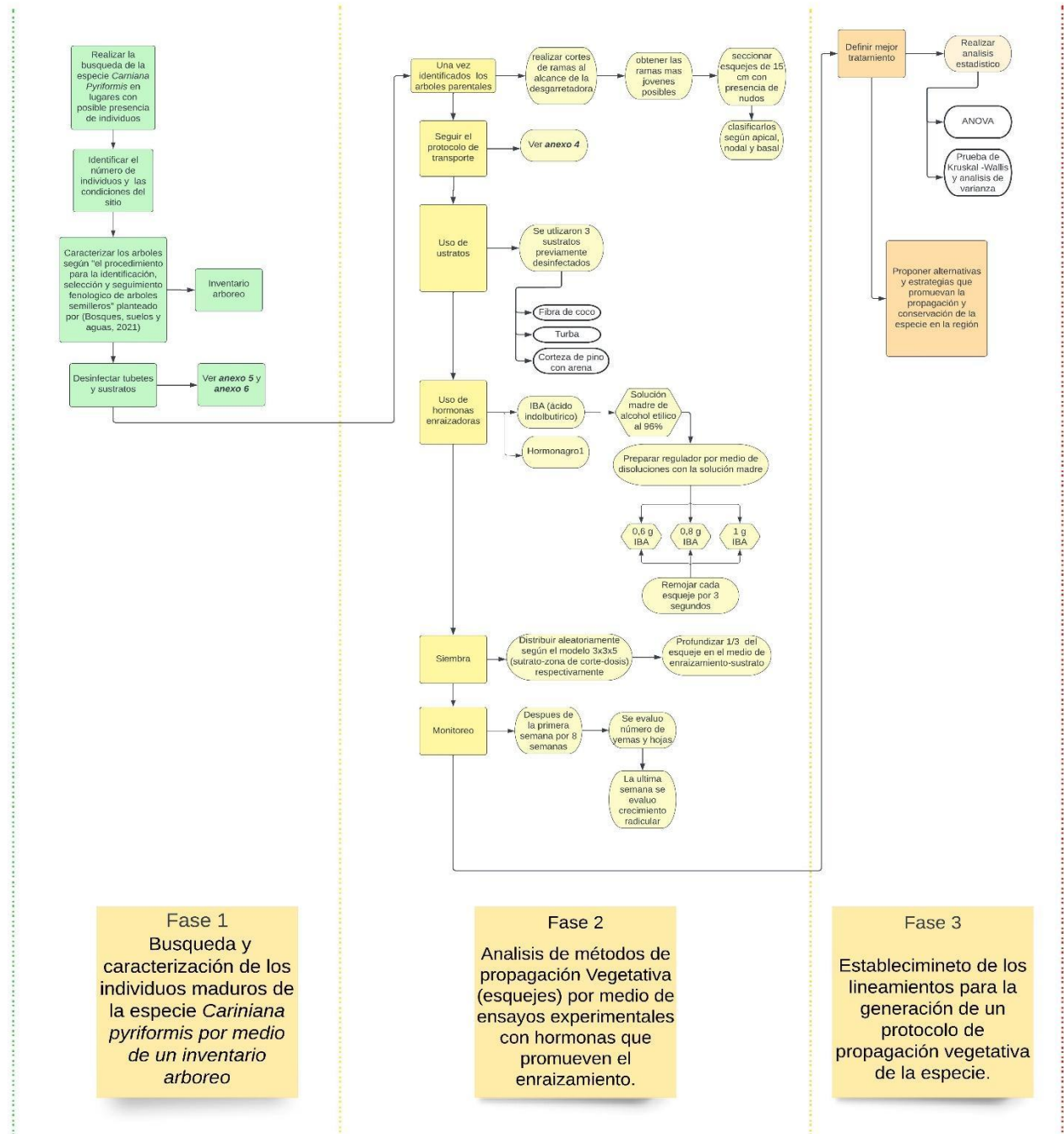
**Tabla 1. Continuación**

<p>Esta estrategia está orientada al control y prevención de las actividades ilícitas en contra de especies silvestres, y que mediante esta se articule un plan de cooperación intra e interinstitucional entre instituciones de investigación, autoridades ambientales, academia, ONGs, UAESPNN, ministerios y entidades internacionales que promuevan esfuerzos a favor de la conservación de la biodiversidad de Colombia. Sobre el Abarco <i>Cariniana pyriformis</i>, se menciona especialmente el diagnóstico nacional sobre su tráfico ilegal y los esfuerzos de propagación con fines de restauración y reforestación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).</p>
<p><b>Resolución 1912 de 2017</b></p>
<p>Expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se promulga el listado a nivel nacional de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica continental y marino costera. El Abarco <i>Cariniana pyriformis</i> se encuentra categoría de amenaza en peligro crítico (CR), que son aquellas especies que están enfrentando un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre, según el listado oficial de las especies amenazadas de la diversidad biológica que se encuentran en el territorio nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).</p>
<p><b>Resolución 0780006 de 2020</b></p>
<p><b>Artículo 4.</b> Se establecen los requisitos que deben cumplir los viveros, huertos productores y comercializadores de plantas vivas y/o material vegetal de propagación a fin de siembra en el país, para su debido registro ante el ICA, que se realiza ante la seccional correspondiente. (ICA, 2020).</p>
<p><b>Resolución 02096 de 2021</b></p>
<p>Por medio de la cual se evalúan los planes de compensación y se dictan otras disposiciones; Se incluye la propagación asexual como estrategia para facilitar los procesos de restauración ecológica (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), 2021).</p>

## Metodología

En la **Figura 2**, se ilustra la metodología a desarrollar, discriminada por objetivo específico.

**Figura 2.** Metodología para el desarrollo del proyecto.



## Fase I.

**Objetivo específico 1. Realizar una caracterización de los individuos maduros de la especie *Cariniana pyriformis*, que incluya la ubicación, estado y número de árboles parentales en campo, para su uso como plantas madre.**

**Actividad 1.** Debido a la poca cantidad de ejemplares a nivel regional, se recopiló información de distintos medios (campesinos, docentes, investigadores) sobre la localización de árboles de abarco en la ciudad de Villavicencio y en la región.

**Actividad 2.** Se realizaron visitas de campo con el fin de ubicar individuos de la especie en diferentes localidades para la revisión de los ejemplares identificados en las diferentes localizaciones del departamento del Meta, donde fueron ubicados los árboles de abarco.

**Actividad 3.** Se tomaron medidas morfométricas de los individuos, para su identificación y georreferenciación, que incluyeron los siguientes parámetros fenotípicos y fitosanitarios: Altura de bifurcación, forma del fuste, diámetro de copa, forma de copa, grosor de las ramas, gambas o aletones y sanidad; se utilizó como referente el protocolo de selección de fuentes semilleras (Ver *Anexo 4*), elaborado por la empresa Bosques, Suelos & Aguas. Parámetros como forma de la copa, grosor de las ramas, gambas o aletones y la sanidad, se determinan con una evaluación visual de cada individuo, en la que se tiene en cuenta el concepto de los 2 autores del estudio.

**Actividad 4.** Para la obtención de las ramificaciones de los árboles parentales, se utilizó una tijera desjarretadera, cuando las ramas superaron una altura de 10 metros.

## Fase II.

**Objetivo específico 2. Analizar la efectividad de diferentes métodos de propagación vegetativa (esquejes) por medio de ensayos experimentales con sustratos y hormonas del crecimiento que promueven el enraizamiento.**

**Actividad 1.** Los esquejes se obtuvieron a partir de los árboles parentales. Se realizaron cortes de ramas en las partes más accesibles del árbol, limitados por la desjarretadera. El corte en cada rama se realizó en la parte apical, nodal y en el área basal (Ver *Anexo 5*); cada esqueje tuvo 15 cm

de largo. Se establecieron categorías de corte de los esquejes de acuerdo con el diseño experimental; después del corte, el transporte se llevó a cabo en un cava para conservar la temperatura entre 4 a 10° C; los esquejes fueron envueltos en papel absorbente húmedo y sellados posteriormente en bolsas ziploc (**Ver anexo 6. Protocolo de transporte**).

**Actividad 2.** Se usaron tres tipos de sustrato (Fibra de Coco, Corteza de Pino con Arena y Turba) como medio para el enraizamiento. Los sustratos fueron desinfectados con BASAMID para asegurar la eliminación de posibles patógenos. (**Ver anexo 7. Protocolo de desinfección de sustratos**). Los esquejes fueron dispuestos en tubetes (**Ver anexo 8. Protocolo de desinfección de tubetes**) forestales con cada uno de los sustratos de prueba.

**Actividad 3.** Se utilizaron reguladores de crecimiento vegetal (ácido indol 3 butírico IBA y hormonagrol en talco) para evaluar sus efectos sobre el enraizamiento. Se utilizó una solución madre en alcohol etílico al 96%. Para cada dosis de IBA (0.6g, 0.8g y 1g) se utilizó 1 litro de solución.

**Actividad 4.** Se utilizó un Diseño Factorial con arreglo 3 x 3 x 5. El primer factor se refiere a las 3 partes de la rama, el segundo factor se refiere a los 3 sustratos, y el último a las 5 concentraciones de hormona incluyendo el control. Cada tratamiento estuvo integrado por 18 esquejes y tres réplicas, para un total de 54 repeticiones por tratamiento, y un gran total de 2.430 esquejes, obtenidos de diferentes árboles parentales.

Para la aplicación de los tratamientos, cada esqueje fue tratado en la base con la solución de IBA correspondiente por 3 segundos, dado que el solvente utilizado en su preparación (alcohol etílico al 96%) es rápidamente absorbido por el esqueje (**Ver Anexo 9**). El enraizador hormonagrol fue aplicado por contacto directo del extremo del esqueje con el talco del enraizador (**Ver Anexo 10**).

Inmediatamente después, los esquejes fueron llevados a tubetes forestales donde se introdujo 1/3 del esqueje en el medio de enraizamiento-sustrato; los esquejes fueron depositados en canastillas en el interior de un invernadero controlado.

**Actividad 5.** La evaluación de la supervivencia, vigor y del grado de enraizamiento de los esquejes se realizó la semana posterior a la siembra, y se llevó a cabo semanalmente durante 2 meses, periodo de tiempo determinado con base a la finalización del contrato con la empresa Bosques, Suelos & Aguas. Para este monitoreo, se evaluaron el número de brotes y yemas, evitando

la remoción del esqueje del medio de enraizamiento. El enraizamiento o la formación de callo se verificó el último día del seguimiento (semana 8 de monitoreo).

### **Fase III.**

**Objetivo específico 3. Establecer lineamientos para la generación de un protocolo de propagación vegetativa de la especie.**

**Actividad 1.** Se realizó un Análisis de Varianza -ANOVA con prueba de Kruskal- Wallis con el fin de encontrar diferencias significativas entre el número de yemas y brotes, y el número de hojas discriminado por tratamiento.

**Actividad 2.** Se establecieron los lineamientos de manera informativa, para dar paso a un protocolo de propagación asexual del abarco, con las pautas para socialización con todos aquellos interesados en la conservación y manejo forestal de la especie en vivero.

## Resultados

De acuerdo con los objetivos planteados se obtuvieron los siguientes resultados:

### Distribución y caracterización de árboles parentales como fuente de esquejes

A partir de la búsqueda de individuos maduros de Abarco, fue posible la identificación y selección de 53 individuos como fuente de esquejes, distribuidos de la siguiente manera: En los predios de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) - “La Libertad”, ubicados en el Km 17 vía Puerto López - Meta, se identificaron 41 individuos con una edad aproximada de 10 años y en su mayoría en buen estado fitosanitario; posteriormente se realizó la identificación de 5 individuos en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) - sede principal de la ciudad de Villavicencio -Meta, ubicado en el barrio San Cristóbal, Transversal 23 # 19 - 02. Por último, en el municipio de San Juan de Arama - Meta, fue posible realizar la identificación de 7 individuos con una edad promedio de 8 años, ubicados dentro de la Reserva de la Sociedad Civil “Los Maracos”.

En la **Tabla 2**, se registra la información fenológica colectada de los 53 individuos muestreados en las 3 localidades arriba mencionadas, a saber: número de individuos, altura sobre el nivel del mar (msnm), pendiente, altura total del árbol, altura comercial y diámetro a la altura del pecho -DAP.

**Tabla 2.** Distribución y valores promedio de altura total (m), altura comercial(m) y Diámetro a la altura del pecho –DAP(m), de 53 individuos de abarco, discriminados por localidad de colecta.

<i>Ubicación</i>	<i>Número de individuos</i>	<i>Altura (m.s.n.m)</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Altura comercial (m)</i>	<i>DAP (m)</i>
<i>Agrosavia</i>	41	333,34	<45°	14,19	5,12	0,26
<i>ICA</i>	5	433,8	<45°	19,48	5,07	0,42
<i>Los Maracos</i>	7	361,14	>45°	11,04	0,11	0,2

Teniendo en cuenta que *Cariniana pyriformis* se encuentra distribuido entre los 50 y 800 metros sobre el nivel del mar (Mora G. A., 2018), algunas partes de la región de la Orinoquia y del departamento del Meta son proclives al crecimiento del árbol. Los individuos caracterizados tienen entre 5 a 10 años; de acuerdo con la Tabla 2, los valores del DAP están relacionados con la altura del sitio, razón por la cual, los individuos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) presentaron los valores más altos de estas variables. Considerando que los individuos pueden alcanzar los 40 m de altura, se puede determinar que la población muestreada se encuentra en etapa juvenil.

En el *Anexo II*, se incluye información fenológica recolectada de la población muestreada, a saber: altura de bifurcación, forma del fuste, diámetro de la copa, forma de la copa, grosor de las ramas y estado fitosanitario.

En la *Tabla 3*. Se muestra el porcentaje de cada una de las variables tomadas en cuenta para la caracterización de individuos basados en el procedimiento de selección de árboles de la empresa BSA, discriminados por localidad.

*Tabla 3. Porcentaje de individuos que presentan las características fenológicas de 53 individuos encontrados de la especie Cariniana pyriformis discriminados por localidad.*

Localidad / Datos fenológicos y dasométricos		Porcentaje de individuos por localidad		
		AGROSAVIA	ICA	Reserva Los Maracos
		%		
<b>Estado Fenológico</b>	Fructificación	68,3	0	0
	Floración	0	0	0
	Foliación	31,7	100	100
	Defoliación	0	0	0
<b>Altura De Bifurcación</b>	No Bifurcado	12,2	80	28,6
	Bifurcado en el tercio superior	4,9	20	0
	Bifurcado en el tercio medio	36,6	0	0

**Tabla 3.** Continuación

	Bifurcado en el tercio inferior	46,3	0	71,4
<b>Forma del fuste</b>	Recto	39	80	14,3
	Torcedura leve	61	20	85,7
	Torcedura aguda	0	0	0
	Muy torcido	0	0	0
<b>Diámetro de copa</b>	Copa vigorosa	36,6	20	0
	Copa promedio	58,5	80	14,3
	Copa pequeña	4,9	0	85,7
<b>Forma de la copa</b>	Circular	43,9	60	57,1
	Circular irregular	46,3	20	28,6
	Medio círculo	0	20	14,3
	Menos de medio círculo	0	0	0
	Pocas ramas	7,3	0	0
	Principalmente rebrotes	2,4	0	0
<b>Grosor de las ramas</b>	Delgadas	31,7	60	57,1
	Medianas	65,9	40	42,9
	Gruesas	2,4	0	0
<b>Gambas o aletones</b>	Ausencia	100	100	100
	Presencia	0	0	0
<b>Sanidad</b>	Sano	100	80	100
	Enfermo	0	20	0

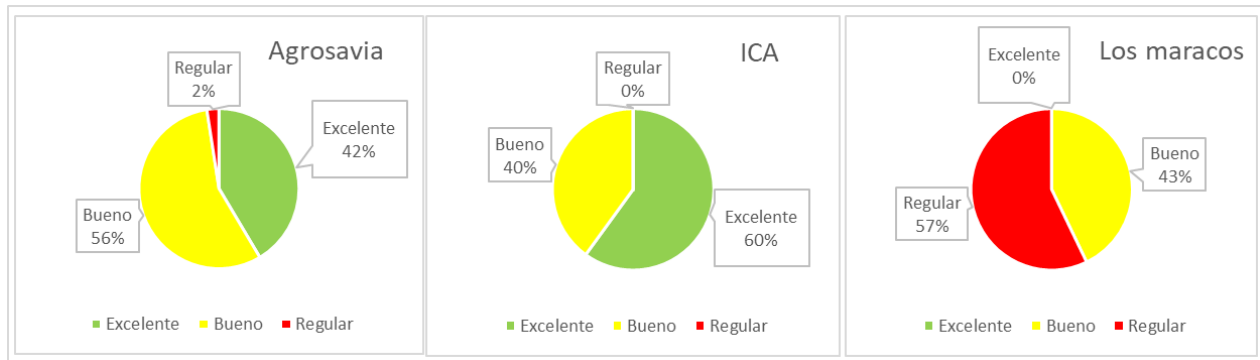
Según Mora (2018) se ha registrado que el abarco florece y fructifica en diferentes meses, dependiendo de la zona y por ende de la altura; en el Magdalena Medio y Urabá, el abarco florece en los meses de noviembre y diciembre, fructifica entre enero y marzo; en el Chocó la floración se presenta de septiembre a diciembre con maduración de frutos entre noviembre y marzo (Silva Herrera, L. J., et al. 1996). En este estudio, el 52% de los individuos presentaron fructificación entre septiembre y diciembre, siendo AGROSAVIA la única localidad en la que el estado fenológico correspondía a fructificación.

La altura de bifurcación es indispensable para determinar la altura comercial; así entre más abajo bifurque un árbol, menor altura comercial tendrá. En este estudio, el 71,4% de los individuos

ubicados en la Reserva Natural “Los Maracos”, bifurcaron en el tercio inferior; esto puede ser atribuido a la pendiente superior a los 45° donde fueron sembrados los individuos. De otro lado, el 80% de los individuos ubicados en el Instituto Colombiano Agropecuario presentaron una forma del fuste totalmente recta, mientras que la mayor proporción de árboles de AGROSAVIA y de la Reserva “Los Maracos” presentaron torcedura leve en su tronco.

En la **Figura 3** se ilustra los resultados de la valoración fenológica de la población de abarcos muestreada en este estudio para la extracción de los esquejes, discriminada por localidad.

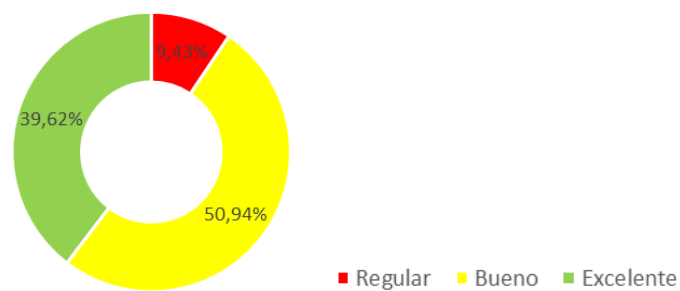
**Figura 3.** Valoración del estado fenológico de 53 individuos de abarco muestreados, discriminado por localidad de estudio.



De acuerdo con la valoración de la **Figura 3**, se establece que un número superior al 40% de la población de abarcos muestreada presenta buena condición fenológica, lo cual es un prerrequisito importante para asegurar el éxito de la propagación ex situ.

En la **Figura 4** se condensa los resultados de la valoración fenológica para la población total, sin discriminar por localidad.

**Figura 4.** Valoración global del estado fenológico de la población total de abarcos muestreada.

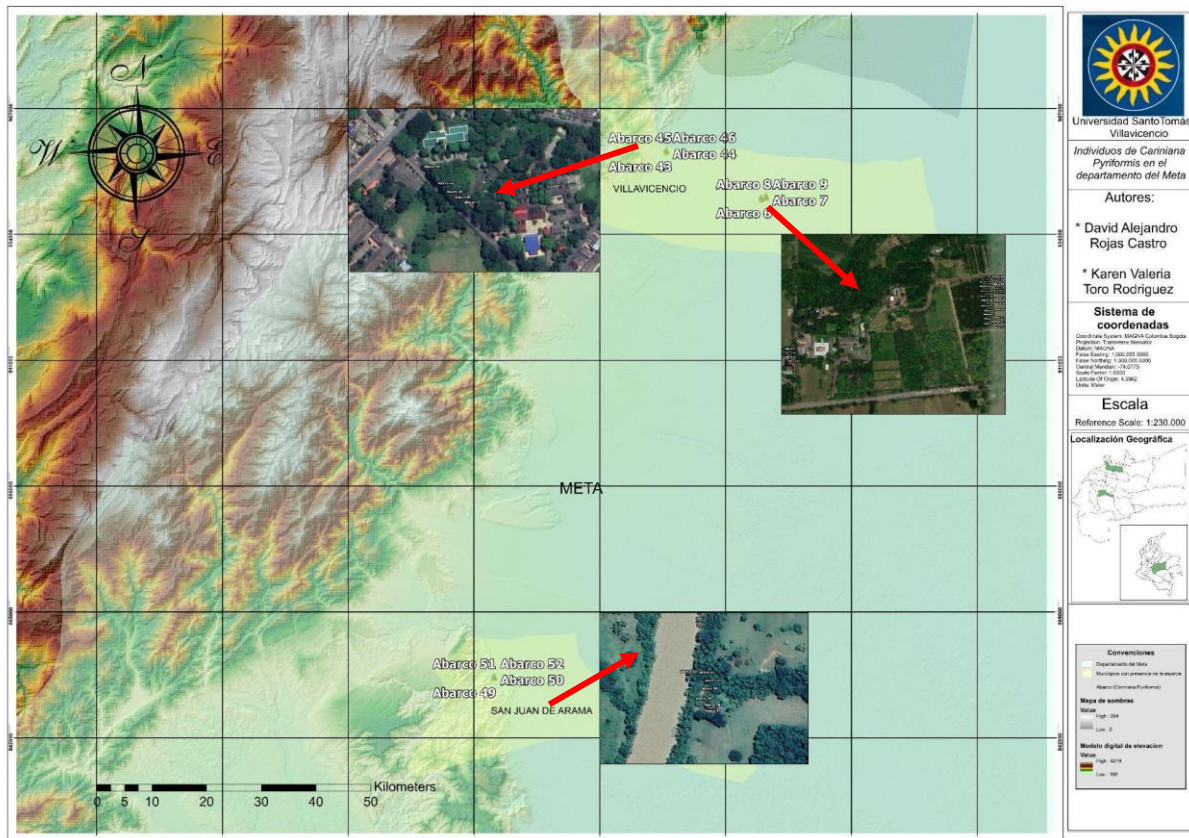


Según la **Figura 4**, el 39,62% de la población de árboles de Abarco, están categorizados en excelente estado, lo que significa que son árboles dominantes, rectos, sin bifurcaciones y aprovechables comercialmente en su totalidad, sus ramas son delgadas y horizontales, son árboles sanos y con gran vigorosidad en comparación con los demás, estos árboles serán los que se conservarán como árboles parentales. Por otra parte, el 50,94% de la población de individuos de *Cariniana pyriformis* se encuentran categorizados en buen estado, lo que quiere decir que son árboles co-dominantes, que presentan torceduras leves en sus fustes y sus ramificaciones no tienen tan buenas características; este tipo de árboles pueden ser conservados como árboles parentales en caso de que no existan los suficientes de la categoría anterior. Y por último se encuentran los árboles categorizados en estado regular que corresponden al 9,43% del total de la población; estos árboles fueron descartados por completo para ser árboles parentales, puesto que son árboles que se encuentran suprimidos o enfermos y visiblemente presentan grandes deformidades en sus troncos y copas.

Basados en la anterior categorización y que la mayoría de los individuos en excelente estado se encuentran ubicados en AGROSAVIA, se decidió tomar estos individuos como los árboles parentales para la obtención de los esquejes por temas de facilidad y transporte, ya que todos se encuentran ubicados en un mismo predio y se cuenta con gran cantidad de árboles para obtener esquejes, teniendo en cuenta el acervo genético.

En la **Figura 5** se ilustra la distribución de la población de abarcos muestreada en este estudio. Los individuos caracterizados se encuentran en dos localidades del municipio de Villavicencio y una en el municipio de San Juan de Arama. Para ver cada localización detalladamente, dirigirse a los **Anexos 12, 13 y 14**.

**Figura 5.** Distribución de 53 individuos de (*Cariniana pyriformis*) como fuente de esquejes en este estudio, discriminada por localidad.



Cabe resaltar que los individuos registrados son plantados, ya que el departamento no cuenta con poblaciones naturales de la especie; a pesar de esto, está teniendo una expansión considerable en municipios como San Juan de Arama, Castilla la Nueva y San José del Guaviare de acuerdo a la información suministrada por el Ingeniero Forestal J. Arias (comunicación personal, 24 de Agosto de 2022), del gerente de “Chokomet” W. Gonzales (comunicación personal, 19 de septiembre de 2022) y promotora ambiental y propietaria de la reserva forestal “Los maracos” L. Ocampo (comunicación personal, 21 de Octubre de 2022).

El biotopo que ocupan los individuos ubicados en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) - “La Libertad”, se caracteriza por presentar suelos profundos, bien drenados, texturas moderadamente finas, muy fuertemente ácidos (IGAC, 2014).

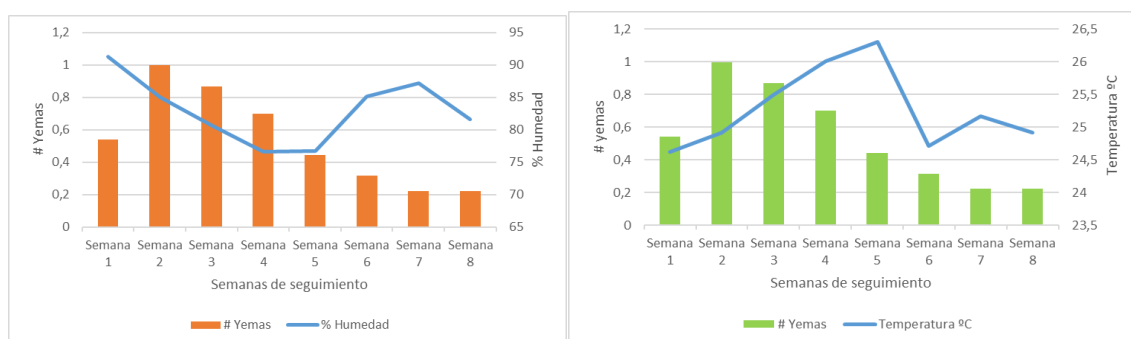
Los suelos que integran las tierras del municipio de San Juan de Arama son depósitos mixtos aluviales y coluviales, nivel freático cercano a la superficie, reacción extremada a muy fuertemente ácida, susceptibles a inundaciones y encharcamientos (IGAC, 2014).

Dichas características anteriormente mencionadas coinciden con (Roncancio Guerrero, Vega Gonzalez, & Herrera Chivita, 1998), que indica los requerimientos ambientales (condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas) de la especie *Cariniana pyriformis* entre los que se encuentran clima húmedo a muy húmedo, suelos ácidos y profundos con pendientes entre el 15 al 25%.

### Efecto de las condiciones de temperatura y humedad del invernadero sobre la producción de yemas.

La humedad y la temperatura dentro del invernadero son factores muy relevantes a la hora de conservar los esquejes; de ellos puede llegar a depender el éxito del enraizamiento. Para llevar a cabo esta tarea es indispensable contar con un sistema de riego que permita la óptima hidratación del sustrato y del esqueje, en caso de no contar con un riego automatizado, se recomienda hacer uso de un termo higrómetro, para así realizar riegos en las horas más críticas. Para este caso específico se realizó monitoreo cada hora por 8 semanas, esto nos permitió identificar que entre las 10 am y las 3 pm se necesitaba realizar riegos constantes que permitieran regular la temperatura y mantener la humedad.

**Figura 6.** Relación del número de yemas producidas en los esquejes con la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.

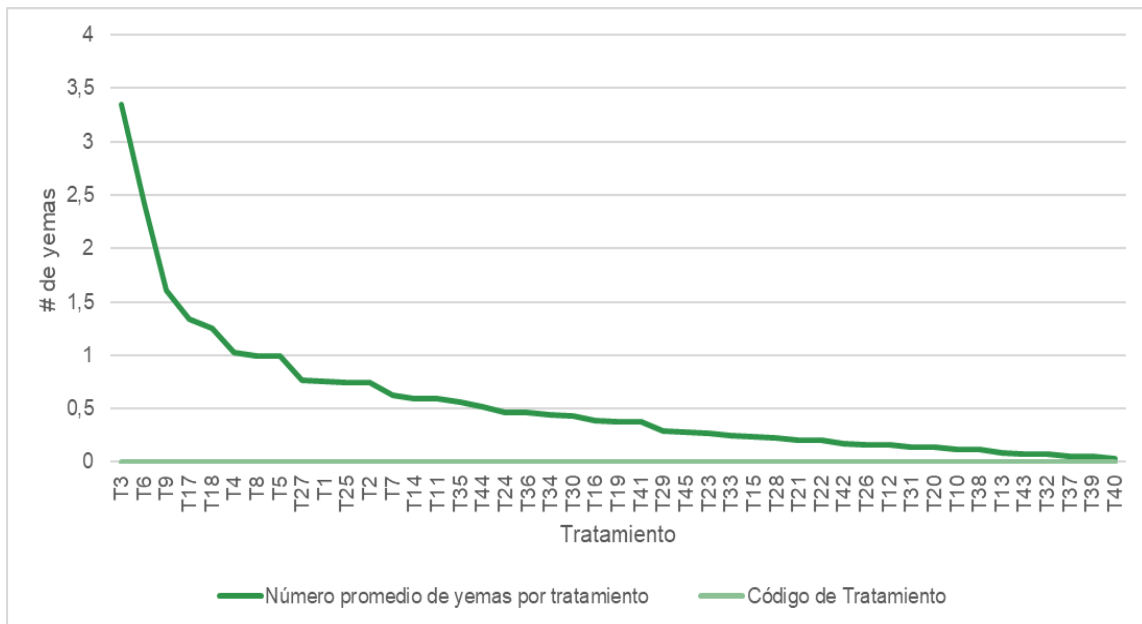


Basados en la **Figura 6** se puede asociar el número promedio de yemas que emergieron semanalmente con las condiciones climáticas a escala de invernadero. Se puede evidenciar como en la segunda semana se obtiene el mayor número de yemas con temperatura inferior a los 25°; sin embargo, en cuanto la temperatura aumenta se obtiene una pérdida considerable de las yemas ya existentes, factores que pueden ser atribuidos a la deshidratación del esqueje, la causa principal de dicha deshidratación se atribuye a periodos de tiempo sin riego y fallas en el sistema de bombeo. Las semanas 3,4 y 5 fueron las más críticas debido a la anteriormente mencionada deshidratación, provocando que los esquejes no se recuperaran en las semanas posteriores aumentando la mortalidad.

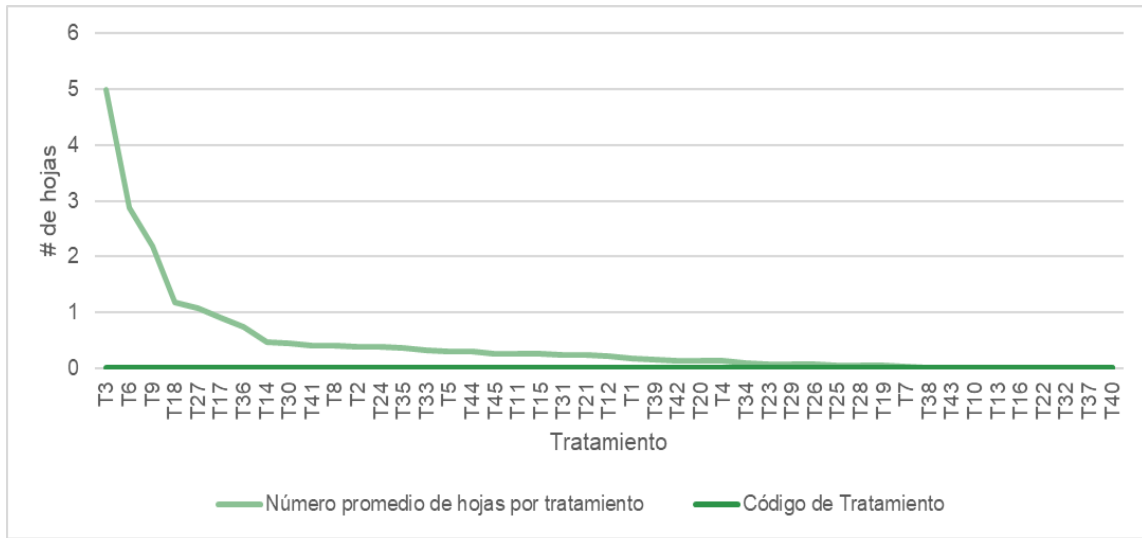
### Tratamientos experimentales

En las **Figuras 7, 8 y 9** se ilustra el número promedio de yemas, número promedio de hojas emergentes de los esquejes y el número promedio de esquejes con presencia de callos radiculares, discriminados por tratamiento. (Nota: para ver los valores promedios dirigirse al **Anexo 15.**)

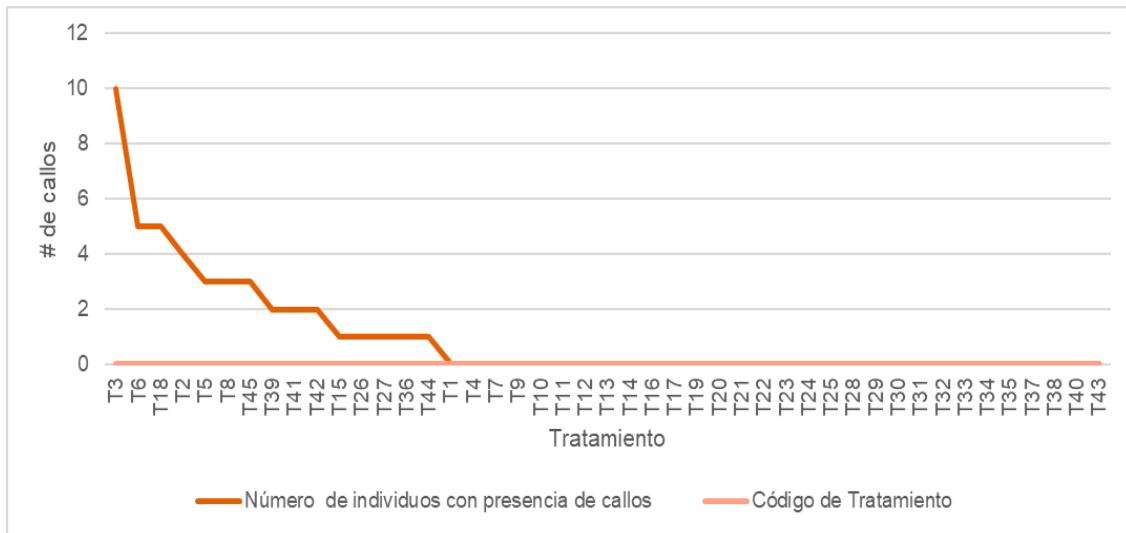
**Figura 7.** Número promedio de yemas distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento.



**Figura 8.** Número promedio de hojas distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento.



**Figura 9.** Número de callos radiculares distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento.



Es importante resaltar que la presencia de yemas y hojas en los esquejes no garantiza la presencia de raíces; diferente a como actúan las semillas, los esquejes primero deben generar yemas, posteriormente hojas y por ahí alimentarse para generar los suficientes nutrientes en la generación de raíces. En este estudio, el 1,81% de los esquejes presentaron callosidades en la zona generatriz, con presencia de células aún no diferenciadas (ver *Anexo 17*), durante un periodo de 8 semanas de

seguimiento; dichas callosidades están relacionadas directamente con la generación de raíces (Huisa, 2015).

El 56,8% de los esquejes con presencia de callos radiculares pertenecieron a tratamientos testigo (T2, T3, T5, T6, y T8 respectivamente), y el 22,72% pertenecieron a tratamientos con concentraciones de 1000 ppm de IBA (T39, T41, T42, T44, y T45 respectivamente); lo anterior sugiere que concentraciones de IBA más altas podrían tener efectos positivos en la generación de callos y posteriormente de raíces. El uso del sustrato en el estudio no fue un factor determinante en la generación de callos, el 36,36% de los esquejes pertenecían a la Turba, el 34,09% pertenecían a la fibra de coco y el 29,54% pertenecían a la corteza de pino.

Basados en el estudio realizado, fue indiferente el factor de las yemas y las hojas asociado a la presencia de callos radiculares; tratamientos como T3, T6, y T18 presentaron la mayor generación de yemas, hojas e individuos con callos; sin embargo, no se mantuvo un patrón, ya que también se presentaron esquejes con callos y con bajo o nulo número de yemas y hojas (T26, T27, y T36 respectivamente).

Los tratamientos que mostraron mayor efectividad en términos de producción de yemas y hojas fueron los cortes de la parte basal, seguido de los realizados en la parte nodal de las ramas. La concentración de hormona IBA tuvo poca influencia en general en la producción de yemas y hojas, ya que los tratamientos con valores elevados de producción de yemas y hojas se asociaron a tratamientos testigo.

De otro lado, los cortes de zonas apicales tuvieron buena respuesta en las 3 primeras semanas en términos de producción de yemas y hojas; sin embargo, fueron muy susceptibles a cambios abruptos de temperatura y humedad, que ocasionaron necrosis de los esquejes. Lo anterior permite inferir que los cortes apicales tuvieron poca capacidad de retención de agua, en comparación con los cortes de zonas basales de las ramas.

Los valores promedio del número de yemas en esquejes, los valores mínimo y máximo, el coeficiente de variación y el error estándar, discriminado por tratamiento con hormona del crecimiento y tipo de corte del esqueje, se ilustran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Promedio, valores mínimo y máximo, coeficiente de variación y error estándar del número de yemas discriminado por tipo de corte del esqueje y tratamiento con hormona (no se incluye el tipo de sustrato en el tratamiento).

Tipo de Corte/ Concentración de hormona	Número de Yemas														
	Promedio P			Valor Mínimo			Valor Máximo			Coeficiente de Variación C.V (%)			Error Estándar S		
	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal
<b>Testigo</b>	0,81	0,91	2,46	0,63	0,74	1,61	1,03	0,99	3,35	25,24	15,85	35,45	0,20	0,14	0,87
<b>Hormonagro</b>	0,20	0,84	0,55	0,09	0,59	0,16	0,39	1,34	1,25	83,78	51,26	111,23	0,17	0,43	0,61
<b>600</b>	0,44	0,19	0,48	0,20	0,14	0,21	0,74	0,27	0,77	62,55	36,58	58,71	0,28	0,07	0,28
<b>800</b>	0,27	0,31	0,38	0,14	0,08	0,25	0,44	0,56	0,46	56,47	78,56	28,75	0,15	0,24	0,11
<b>1000</b>	0,05	0,34	0,17	0,03	0,12	0,05	0,08	0,52	0,28	46,54	60,34	70,47	0,03	0,20	0,12

De acuerdo con la **Tabla 4**, el número promedio de yemas fue de  $0,81 \pm 0,20$  en los tratamientos testigo con corte apical,  $0,91 \pm 0,10$  en los testigos con corte nodal, y de  $2,46 \pm 0,87$  en los testigos con corte basal. En los tratamientos con aplicación de hormonagro y corte apical, el número promedio de yemas fue de  $0,21 \pm 0,17$ ; en el tratamiento con hormonagro y corte nodal fue de  $0,84 \pm 0,43$ ; y en el tratamiento con hormonagro y corte basal fue de  $0,55 \pm 0,61$ . En esquejes con corte en la parte apical y con concentración de 600 ppm de IBA, el número promedio de yemas fue de  $0,44 \pm 0,28$ ; para cortes nodales y con 600 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,19 \pm 0,07$ ; y para cortes basales con 600 ppm de IBA, el número de yemas fue de  $0,48 \pm 0,28$ . En esquejes con corte en la parte apical y con concentración de 800 ppm de IBA, el promedio de yemas fue de  $0,27 \pm 0,15$ ; en cortes nodales y con 800 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,31 \pm 0,24$ ; y finalmente en cortes basales y con 800 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,38 \pm 0,11$ . Finalmente para la parte apical con concentración de 1000 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,05 \pm 0,03$ ; para cortes nodales y con 1000 ppm de IBA el promedio fue de  $0,34 \pm 0,20$ ; y para cortes basales con 1000 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,17 \pm 0,12$ .

Dado que la producción de yemas en los tratamientos testigo, sin importar el tipo de corte, fue mayor que la registrada en los tratamientos con aplicación de hormona de crecimiento, puede inferirse que la aplicación de hormona no tuvo efectos importantes en la producción de yemas en este estudio.

Los valores promedio del número de hojas en esquejes, los valores mínimo y máximo, el coeficiente de variación y el error estándar, discriminado por tratamiento con hormona del crecimiento y tipo de corte del esqueje, se ilustran en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Promedio, valores mínimo y máximo, coeficiente de variación y error estándar del número de hojas discriminado por tipo de corte del esqueje y tratamiento con hormona (no se incluye el tipo de sustrato en el tratamiento).

Tipo de Corte/ Concentración de hormona	Número de Hojas														
	Promedio P			Valor Mínimo			Valor Máximo			Coeficiente de Variación CV			Error Estándar S		
	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal	Ápice	Nodal	Basal
<i>Testigo</i>	0,11	0,37	3,35	0,04	0,31	2,18	0,17	0,41	4,99	59,74	13,63	43,74	0,07	0,05	1,47
<i>Hormonagro</i>	0,00	0,55	0,56	0,00	0,27	0,21	0,00	0,91	1,19	0,00	59,45	99,10	0,00	0,33	0,55
<i>600 ppm</i>	0,04	0,09	0,56	0,00	0,07	0,23	0,06	0,14	1,07	87,32	44,04	79,87	0,03	0,04	0,45
<i>800 ppm</i>	0,14	0,14	0,50	0,06	0,00	0,32	0,25	0,36	0,75	74,13	131,21	43,64	0,10	0,19	0,22
<i>1000 ppm</i>	0,01	0,25	0,19	0,00	0,02	0,14	0,02	0,41	0,27	173,21	82,81	37,19	0,01	0,20	0,07

La **Tabla 5** muestra los valores promedio de número de hojas en los tratamientos utilizados para cada tipo de corte en esquejes de *Cariniana pyriformis*. Estos presentaron en promedio  $0,11 \pm 0,07$  en los testigos apicales,  $0,37 \pm 0,05$  en los testigos nodales, y  $3,35 \pm 1,47$  en los testigos basales. Para tratamiento de hormonagro con corte apical no se presentaron hojas; para tratamiento con hormonagro y corte nodal el promedio fue de  $0,55 \pm 0,33$ ; y para tratamientos con hormonagro y corte basal fue de  $0,56 \pm 0,55$ . En tratamientos con corte en la parte apical y con concentración de 600 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,04 \pm 0,03$ ; para tratamientos con corte nodal y con 600 ppm de IBA, el promedio fue de  $0,09 \pm 0,04$ . En tratamientos con corte basal y con 600 ppm de IBA el promedio fue de  $0,56 \pm 0,45$ ; para tratamientos con corte apical y con concentración de 800 ppm de IBA fue de  $0,14 \pm 0,10$ ; y para tratamientos con corte nodal y con 800 ppm de IBA el promedio fue de  $0,14 \pm 0,19$ . Para tratamientos con corte basal y con 800 ppm de IBA el promedio fue de  $0,50 \pm 0,22$ . Finalmente para cortes en la parte apical y con concentración de 1000 ppm de IBA el

promedio fue de  $0,01 \pm 0,01$ ; para cortes nodales y con 1000 ppm de IBA fue de  $0,25 \pm 0,20$ ; y para cortes basales con 1000 ppm de IBA el promedio de hojas fue de  $0,19 \pm 0,07$ .

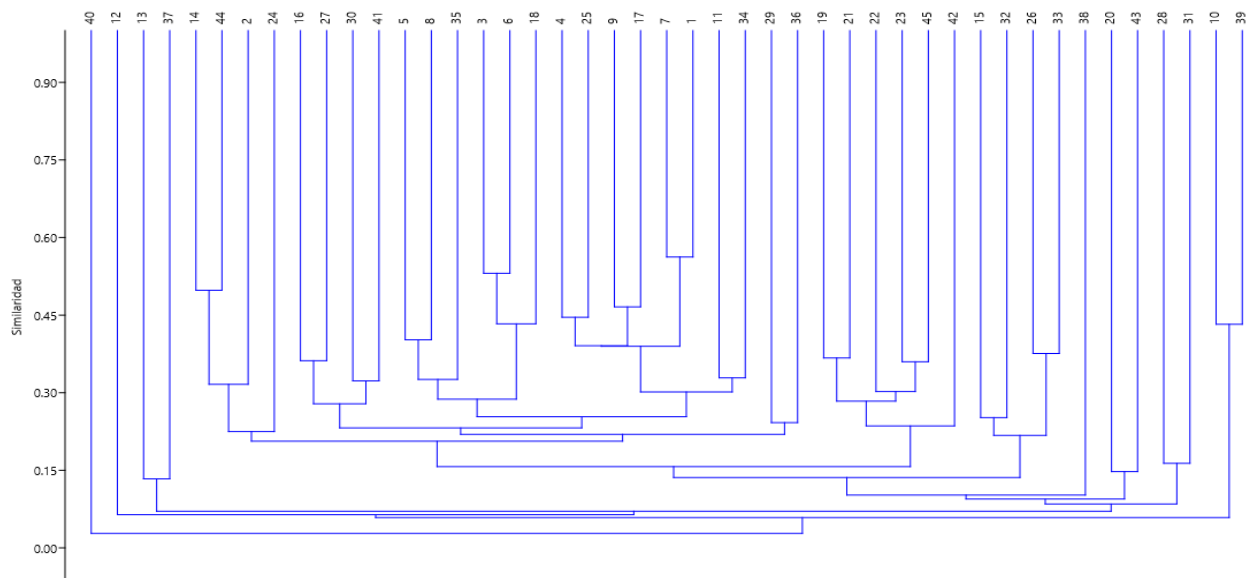
Dado que la producción promedio de hojas en los tratamientos con aplicación de hormona IBA fue menor en comparación con los tratamientos testigo, puede inferirse que la aplicación de esta hormona no tuvo efectos importantes en la producción de hojas en este estudio. Sin embargo, se exceptúan los tratamientos con cortes basales y nodales y con aplicación de Hormonagro, en los cuales la producción de hojas fue ligeramente mayor que la registrada en los tratamientos Testigo.

### **Similitudes entre tratamientos experimentales.**

Utilizando el algoritmo UPGMA y el índice de similitud de Bray-Curtis se determinó cuáles tratamientos presentan mayores índices de similitud por conglomerados, analizados en dendrogramas con escala del 0% al 100% de similitud. Tales índices de similitud estableces cuáles tratamientos tienen valores similares y/o diferentes respecto al número de yemas y el número de hojas registrado en los esquejes.

En la **Figura 10**, se ilustra el dendograma de similitud/disimilitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con el número promedio de yemas registrado en los esquejes durante el periodo de 8 semanas de crecimiento.

**Figura 10.** Dendograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con el número promedio de yemas (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice de Bray-Curtis y el método de agrupamiento promedio en grupos –UPGMA).



De acuerdo con el dendograma de similitud, de la **Figura 10**, el tratamiento T40 (Corteza de pino/1000IBA/Apical) fue el tratamiento que presentó mayor porcentaje de disimilitud o diferencia con el resto de los tratamientos, los cuales conforman un solo gran grupo que se conforma por subgrupos. La conformación de diferentes subgrupos con similitudes entre ellos, por con diferentes a los demás, es un reflejo de que si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

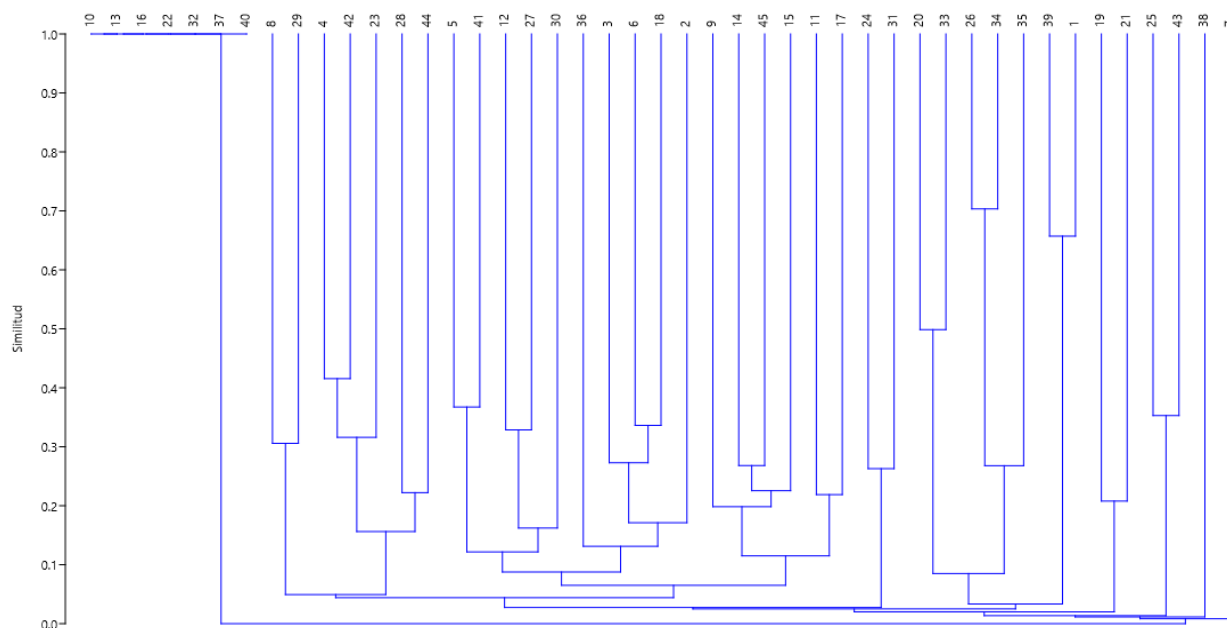
Los subgrupos conformados son los siguientes:

- **Subgrupo 1:** Conformado por los tratamientos T10, T12, T39.
- **Subgrupo 2:** Conformado por los tratamientos T13 y T37.
- **Subgrupo 3:** En este subgrupo se engloban el resto de tratamientos, del cual destacan los tratamientos T3 (Turba/Testigo/Basal) y T6 (Corteza de pino/Testigo/Basal) los cuales presentan el mayor número promedio de presencia de yemas ( 3,35 y 2,42 respectivamente).

Dado que la mayoría de los tratamientos presentan valores menores del 50% de similitud entre ellos (**Figura 10**), se infiere la prevalencia de diferencias relativamente altas en el número promedio de yemas de los esquejes entre los diferentes tratamientos.

En la **Figura 11**, se ilustra el dendrograma de similitud/disimilitud entre 45 tratamientos de acuerdo con el número promedio de hojas registrado en los esquejes durante el periodo de monitoreo.

**Figura 11.** Dendrograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo al número promedio de hojas (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice de Bray-Curtis y el método de agrupamiento promedio en grupos –UPGMA).



De acuerdo con el dendrograma que se observa en la **Figura 11**, se aprecia de manera general la conformación de dos grandes grupos:

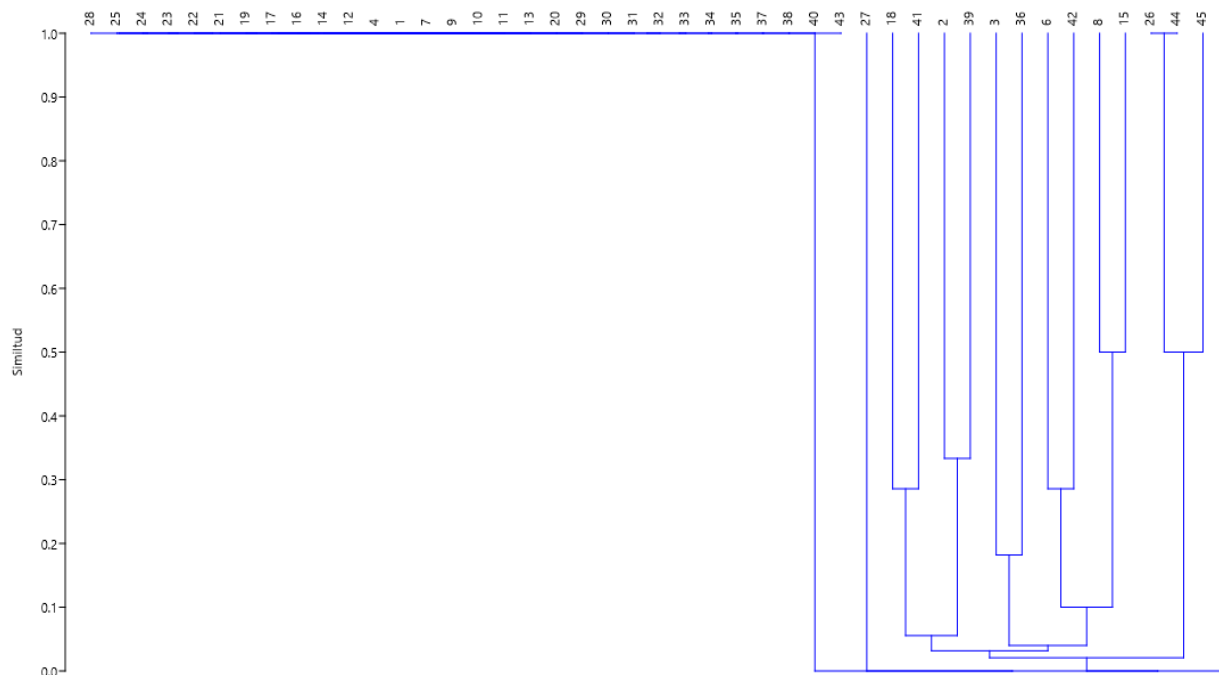
- **Subgrupo 1:** T10, T13, T16, T22, T32, T37, T40, en todos estos tratamientos no se obtuvo desarrollo de hojas.
- **Subgrupo 2:** Conformado por el resto de los tratamientos. dentro de este subgrupo sobresalen dos subgrupos que contienen la mayoría de tratamientos experimentales, a saber:
  - a) Subgrupo conformado por los tratamientos T20, T33, T26, T34, T35, T39, T1, T19, T21, T25, T43, T38 y T7.
  - b) Subgrupo conformado por los tratamientos T8, T29, T4, T42, T23, T28, T44, T5, T41, T12, T27, T30, T36, T3, T6, T18, T2, T9, T14, T45, T15, T11, T17, T24 y T31.

Dentro de estos dos últimos subgrupos mayoritarios sobresalen los tratamientos T3 (Turba/Testigo/Basal), T6 (Corteza de Pino/Testigo/Basal), y T9 (Fibra de Coco/Testigo/Basal), los cuales presentaron los mayores valores promedio del número de hojas (4,99, 2,88 y 2,18 respectivamente).

Dado que la mayoría de los tratamientos presentan valores menores del 50% de similitud entre ellos (Figura 9), se infiere la prevalencia de diferencias relativamente altas en el número promedio de hojas de los esquejes entre los diferentes tratamientos.

Como se observa en la **Figura 12**, se describe el dendograma de similitud/disimilitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con la presencia/ausencia de callos radiculares en los esquejes durante el periodo de monitoreo.

**Figura 12.** Dendograma de similitud entre los 45 tratamientos de acuerdo con la presencia – ausencia de callos radiculares en los esquejes (Nota: Los tratamientos fueron agrupados según el índice binario de Jaccard y el método de agrupamiento promedio en grupos –U



De acuerdo con el dendograma de la **Figura 12**, se identifican de manera general dos grandes grupos:

- **Subgrupo 1:** Conformado por los tratamientos: T28, T25, T24, T23, T22, T21, T19, T17, T16, T14, T12, T4, T1, T7, T9, T10, T11, T13, T20, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T37, T38, T40, T43. En todos estos tratamientos no hubo desarrollo de callos radiculares.
- **Subgrupo 2:** Conformado por el resto de los tratamientos, a saber: T26 - T44, T8, T45, T15, T18, T41, T2, T39, T6, T42, T3, T5, T27, T36. Dentro de este último grupo, sobresalen los tratamientos T3 (Turba/Testigo/Basal), T6 (Corteza de pino/Testigo/Basal), y T18 (Fibra de coco/Hormonagro/Basal), los cuales presentaron los mayores valores de número de esquejes con presencia de callos (10, 5 y 5 respectivamente).

De acuerdo con los dendogramas de las **Figuras 10, 11 y 12**, se puede establecer que los tratamientos T3(Turba/Testigo/Basal), T6(Corteza de Pino/Testigo/Basal) Y T9 (Fibra de Coco/Testigo/Basal) coinciden en el número de yemas y el número de hojas, y en la presencia de callos coinciden los tratamientos T3(Turba/Testigo/Basal) Y T6(Corteza de Pino/Testigo/Basal).

### **ANOVA con prueba de Kruskal - Wallis**

Se plantea como hipótesis Nula ( $H_0$ ) que los diferentes tipos de sustrato, concentraciones de la hormona IBA y tipo de corte no afectan el número de yemas, el número de hojas y la presencia de raíces (callos radiculares), del Abarco *Cariniana. pyriformis*, bajo las condiciones del ensayo experimental delineado en este estudio.

Según el ANOVA con prueba de Kruskal - Wallis realizado, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con respecto al número de yemas ( $H' = 365.8$ ,  $g.l = 44$ ,  $p = 3.109E-79$ ), y con respecto al número de hojas ( $H' = 139.1$ ,  $g.l = 44$ ,  $p = 1.924E-57$ ).

## Discusión de resultados

El Abarco (*Cariniana Pyriformis*) no es una especie endémica del departamento del Meta, sin embargo, gracias a la información recolectada por medio de visitas, reuniones y llamadas, se pudo recopilar información de algunos municipios como Villavicencio, San Juan de Arama, Fuente de oro y San José del Guaviare en los que se está presentando una fuerte influencia de la especie, esto favorecido por las condiciones climáticas de la región, soportado en los individuos caracterizados en este estudio.

Las dosificaciones utilizadas en este estudio fueron 600 ppm, 800 ppm y 1000 ppm, los cuales no tuvieron un efecto significativo en los esquejes; por el contrario, el tratamiento testigo y el punto de corte basal presentó los mayores índices en presencia de yemas y hojas. En el estudio realizado por Huisa (2015) se utilizaron dosis de 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm y 10000 ppm en Lecythidacea, sin obtener enraizamiento, lo que abre la posibilidad a futuros estudios con dosificaciones entre este rango de dosis, puesto que cada especie genera diferentes respuestas.

Debido a que los esquejes no presentaron presencia de raíces, como es común evidenciar en otras especies, se determina según Zaroni (1975) citado por Garate (2010), que en la zona generatriz ubicada entre la corteza y el cilindro central, se forman cicatrices llamadas callos, a través de las cuales emergen las raíces, este callo es un tejido no diferenciado de células parenquimáticas según Haissig, (1974) citado por Vásquez, (2009); esto ha hecho suponer que la formación de dicha estructura es esencial para el enraizamiento en algunas especies, entre ellas *Cariniana Pyriformis*.

Estudios realizados en la provincia de Tambopata, Perú con la especie *Bertholletia excelsa* perteneciente a la familia Lecythidaceae, misma familia de *Cariniana Pyriformis*, la formación de callos disminuyó al aumentar la concentración de IBA. Dicha información es un referente clave, dada la escasa a nula información de propagación de la especie. Mencionado esto, la formación de callos se da en el 1,81% de los individuos analizados en este estudio a los 56 días, se desconoce el tiempo total en el cual del callo emergen las raíces.

Las zonas apicales en especies como el eucalipto (*Eucalyptus pellita*) tienen mayores probabilidades de enraizar que las ramas distantes (zonas nodales y basales). Otras veces, los ejes de crecimiento que surgen de un ápice podado son los que presentan mayor potencial de enraizamiento (Cervantes, V et al. 1997). Esto varía en cada especie, es el caso del estudio realizado con *Cariniana Pyriformis* en donde las zonas de corte basal presentaron mayores índices de

propagación.

Según Hartmann (2002) citado por Rodriguez (2016) los aspectos físicos inciden directamente en el enraizamiento. La temperatura y la humedad adecuada afecta la formación de raíces y la efectividad de los tratamientos. Factor que fue determinante en este estudio debido a que no se contaba con condiciones controladas dentro del invernadero.

## Conclusiones

- A pesar de que la especie no es endémica en el departamento del Meta, las condiciones ambientales para su efectivo crecimiento son favorables; durante la búsqueda se logró la caracterización y georreferenciación de individuos en diferentes biotopos del departamento del Meta, la información fue tomada como insumo base para la selección de los árboles parentales de los cuales se obtuvieron los esquejes, es importante resaltar que no siempre se pueden obtener esquejes de los mejores árboles, debido a las condiciones de cada individuo como la altura, caso particular de los individuos del Instituto Colombiano Agropecuario, los cuales presentaban un promedio de altura total superior a los 19 metros, por lo tanto, la obtención de esquejes se dificulta. Los individuos escogidos para realizar el proyecto fueron los de Agrosavia, ya que el 42% se encontraban en excelentes condiciones, los cuales fueron sembrados aproximadamente hace 15 años y sus semillas provenían de San José del Guaviare.
- Durante un periodo de monitoreo de 8 semanas no se obtuvo enraizamiento bajo ningún tratamiento, sin embargo, el 1,81% correspondiente a 44 esquejes (25 de ellos pertenecientes a tratamientos con testigos y 9 de ellos a tratamientos con concentraciones de IBA 1000), presentaron formación de callos en la zona generatriz del esqueje, dicha protuberancia puede ser asociada a la formación de raíces, por lo que se especula que los tiempos de enraizamiento pueden alcanzar los 365 días, teniendo en cuenta que ensayos con injertos de *Cariniana Pyriformis* tomaron este tiempo en ser llevados a campo.
- Bajo condiciones experimentales los tratamientos con usos de hormonas no fueron efectivos en la producción de yemas, hojas y callos radiculares, sin embargo, no se debe descartar la concentración de IBA 1000 que presentó baja presencia de callos en esquejes basales y nodales. Los cortes basales y tratamientos testigo son de mayor importancia en la generación de yemas, hojas y callos, ya que estos tratamientos presentan los valores promedios más altos.
- El uso del sustrato en el estudio no fue un factor determinante en la generación de callos; el 36,36% de los esquejes pertenecían a la Turba, el 34,09% pertenecían a la fibra de coco y el 29,54% pertenecían a la corteza de pino.

### Recomendaciones

- Se recomienda realizar la inspección de los árboles parentales durante un periodo de tiempo más largo y de manera más minuciosa, para que los parámetros fenológicos se logren establecer con mayor seguridad.
- Para el monitoreo y seguimiento de los esquejes de Abarco, se recomienda que se haga durante un periodo de tiempo más prolongado, ya que se presume que el tiempo de enraizamiento sea mayor.
- Mantener condiciones estables de temperatura y humedad favorece el desarrollo de los esquejes y pueden tener relación con el enraizamiento.
- Para futuros estudios se recomienda evaluar la influencia de concentraciones más altas de la hormona IBA, ya que es indeterminado si a una mayor concentración se logren obtener mejores resultados.
- Evite retirar los esquejes del sustrato, ya que puede causar necrosis a los esquejes en proceso de formación de callos, lo que retrasará el proceso de enraizamiento.
- Realizar ensayos con árboles más jóvenes, con el fin de evaluar la respuesta de enraizamiento y disminuir tiempos.

## Referencias bibliográficas

- AGROACTIVO. (2023, 9 febrero). *ESTIMULANTE RADICULAR HORMONAGRO 1*. Agroactivo.<https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/coadyuvantes-y-reguladores-fisiologicos/estimulante-radicular-hormonagro-1/>
- Aldhous, J., & Mason, W. (1972). *Forest Nursery Practice*. London: HMSO Bookshops. From <https://cdn.forestresearch.gov.uk/1994/03/fcbu111.pdf>
- Ambiente, Procuraduría Federal De Protección al Ambiente (2020). *Importancia de los Ecosistemas Forestales; Especies de los Bosques*. gob.mx. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-los-bosques-y-selvas?idiom=es>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2021). Resolución No. 02096 del 16 de diciembre de 2021. Por medio de la cual se evalúan los planes de compensación ambiental y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://vlex.com.co/vid/resolucion-n-02096-gaceta-879133572>
- Baez Daza, E. (2018). Producción y aporte de nutrientes en la hojarasca de las especies abarco (*Cariniana pyriformis* M), teca (*Tectona grandis* L.f.) y cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal en los municipios de Rionegro, Santander y Muzo, Boyacá. [Tesis de postgrado, Universidad de ciencias aplicadas y ambientales]. [Producción y aporte de nutrientes en la hojarasca de las especies abarco..pdf \(udca.edu.co\)](https://udca.edu.co/produccion-y-aporte-de-nutrientes-en-la-hojarasca-de-las-especies-abarco.pdf)
- Banco Interamericano de Desarrollo & Comunidad Andina -CAN-. (2001). *Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino - Conservación Ex Situ*. Lima, Peru: Walter H. Wust Ediciones S.A.C. From <https://www.cbd.int/doc/nbsap/rbsap/comunidad-andina-rbsap.pdf>
- Bacchini, R. D., Vázquez, L. V., & García Fronti, J. I. (2018). Introducción a la probabilidad y estadística. En *Cengage Learning*.
- Betancur, P. G. & E. J. Raigosa. (1973). Características y propiedades germinativas de las semillas de abarco (*Cariniana pyriformis* Miers). *Rev. Fac. Agron. Medellín* 28(2): 36-56. From <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30244/30391>
- Bosques, Suelos y Aguas. (2021). *Protocolo Selección de fuentes semilleras*. Villavicencio: BSA

- Bosques, Suelos y Aguas. (2020). *Establecimiento del centro de propagación de especies forestales tropicales*. Villavicencio: BSA.
- Calderon , E., Galeano, G., & Garcia, N. (2005). *Libro rojo de plantas fanerógamas de Colombia: Especies maderables amenazadas*. Bogota D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. From [https://www.researchgate.net/publication/279205058\\_Libro\\_Rojo\\_de\\_las\\_Plantas\\_Fanerogamas\\_de\\_Colombia\\_Volumen\\_1\\_Chrysobalanaceae\\_Dichapetalaceae\\_y\\_Lecythidaceae#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/279205058_Libro_Rojo_de_las_Plantas_Fanerogamas_de_Colombia_Volumen_1_Chrysobalanaceae_Dichapetalaceae_y_Lecythidaceae#fullTextFileContent)
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia* (Vol. 4). Bogota, Colombia: Instituto Amazonico de Investigaciones Cientifica, SINCHI. From [https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR\\_MADERABLES.pdf](https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf)
- Cardona Cardozo, A., & Vargas Ríos, O. (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (reserva biológica Cachalú - Santander. Colombia). *Colombia forestal*, 8(17), 60 - 74. doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2004.1.a04>
- Cervantes. V, Orozco. A, Rojas. M, Sanchez. M, Vazquez. Y. (1997) La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Mexico. From <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>
- Colinagro. 2017. Hormonagro 1 (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en <http://www.colinagro.com/hormonagro-1/>
- Congreso de la República de Colombia. (1981). Ley 17 de 1981. Por la cual se aprueba la "Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres", suscrita en Washington, D.C. el 3 de marzo de 1973. Bogotá, Colombia. Obtenido de: [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=45530](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=45530)
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. Reglamentada por el Decreto Nacional 2372 de 2010 Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. Bogotá, Colombia. Obtenido de: [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=37807](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=37807)
- Correa Rincon, J. A., & Jacome Erazo, J. F. (2015). *Propagación sexual y asexual de las especies Montanoa quadrangularis Schultz Bipontianus y Verbesina crassiramea S.F. Blake con fines de restauración en el bosque andino las mercedes*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital

Francisco Jose de Caldas]. From <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4918?show=full>

Estupiñan Gonzalez, A., & Jimenez Escobar, N. (2010). Plants use by rural communities in the tropical zone of the Parque Nacional Natural Paramillo (Córdoba, Colombia). *Caldasia*, 21 - 38. From [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322010000100002&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322010000100002&script=sci_abstract&tlng=en)

Farfan Valencia, F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Manizales, Caldas.: FNV - Cenicafé. From [https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa\\_y\\_sistemas\\_agroforestales\\_con\\_caf%C3%A9.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa_y_sistemas_agroforestales_con_caf%C3%A9.pdf)

Febles, M. (2004) *Sobre la necesidad de la formación de una conciencia ambiental*. Cuba: Universidad de La Habana, Facultad de Psicología.

Flores y Plantas. 2017. Hormonas de enraizamiento (en línea). Madrid, España. Disponible en <https://www.floresyplantas.net/hormonas-de-enraizamiento/>

Gárate D. M. (2010). Técnicas de Propagación por Estacas [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio: [http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion\\_1679.pdf](http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1679.pdf)

García Lozano, J., Alarcón Rojas, M., & Rojas Gonzalez, S. (2004). *Propagación asexual de plantas: Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas*. Florencia, Caqueta.: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Obtenido de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17056/41359\\_27553.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17056/41359_27553.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

García Romero, H. (2013). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. *El Desafío del Desarrollo Sustentable en América Latina*, 123-142. [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/337/3/KASSOPLA\\_Deforestacion\\_en\\_Colombia\\_retos\\_y\\_perspectivas.pdf](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/337/3/KASSOPLA_Deforestacion_en_Colombia_retos_y_perspectivas.pdf)

Grupo Ñesta. 2018. Enraizantes: estimula el crecimiento natural de las raíces de tu cultivo (en línea). Alicante, España. Disponible en <https://www.grupoinesta.com/enraizantes/>

Guamán, R., Leython, S., & Martínez, T. (2019). Enraizantes Naturales en *Coffea canephora* var. robusta (L. Linden) A. Chev. *Investigatio*, 12(March), 93-102. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2019.12.6>

- Haissig, B. E. (1974). Influences of auxin and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *New Zealand of Forestry Science*, 4(2):311-323 p. From [https://www.scionresearch.com/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/58725/NZJFS421974HAISSIG\\_311\\_323.pdf](https://www.scionresearch.com/_data/assets/pdf_file/0009/58725/NZJFS421974HAISSIG_311_323.pdf)
- Hartmann, H., Kester, D. (2002). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. 7ª ed. Nueva York: Englewood Clippings/Prentice Hall. 880p From [https://jardinbotanico.montevideo.gub.uy/sites/jardinbotanico.montevideo.gub.uy/files/articulos/descargas/propagacion\\_de\\_plantas\\_1\\_hartman\\_kester\\_1.pdf](https://jardinbotanico.montevideo.gub.uy/sites/jardinbotanico.montevideo.gub.uy/files/articulos/descargas/propagacion_de_plantas_1_hartman_kester_1.pdf)
- Huisa, H. (2015). Ensayo de propagación vegetativa de *Bertholletia excelsa* H.B.K. "castaña" mediante enraizamiento de estacas en cámaras de subirrigación en la provincia de Tambopata, Madre de Dios - Perú. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios*, 69. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/109>
- IGAC. (2014). *Estudio General de Suelo y zonificación de tierras*. Bogotá. Obtenido de: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). Resolución No. 000970 del 10 de marzo del 2018. Por medio de la cual se establecen los requisitos para la producción, acondicionamiento, importación, exportación, almacenamiento, comercialización y/o uso de semillas para siembra en el país, su control y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resol-970-de-2010.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). Resolución No. 0780006 del 25 de noviembre del 2020. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.ica.gov.co/getattachment/56d15d28-b186-498e-bc07-7a6fcf65fb2c/2020R78006.aspx>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia. 2013. *Especies Priorizadas para la Conservación en la Región Orinoquia Colombiana*. 73 especies, aportados por González, M. (Proveedor de Metadatos) En línea, [http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=plantas\\_orinoquia\\_2013](http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=plantas_orinoquia_2013) publicado el 13/02/2014

- Lucero, L. 2014. Propagación asexual del litchi (*Nephelium litchi* Camb.) mediante diferentes técnicas de acodo aéreo, con tres enraizadores (hormona, agua de coco y miel) en la Estación Experimental de Sapecho - Alto Beni. [Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. 102 p. Repositorio <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4222/T-1909.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Estrategia Nacional para la prevención y control al tráfico ilegal de especies silvestres: Diagnóstico y plan de acción ajustado. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Estrategia-Nacional-para-la-Prevencion%CC%81n-y-Control-del-Tra%CC%81fico-Ilegal-de-Esp.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Resolución No. 383 del 23 de febrero de 2010. Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-383-de-2010.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Política Nacional para la Gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Poli%CC%81tica-Nacional-de-Gestio%CC%81n-Integral-de-la-Biodiver.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución No. 1912 del 15 de septiembre de 2017. Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1912-de-2017.pdf>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). SISTEMAS AGROFORESTALES FUNCIONES: Función De Los Sistemas Agroforestales. En *Sistemas Agroforestales*. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7124/SistemasAgroforestales.pdf?sequence=1#page=276>

- Morales Mora, G. (2018). *Plan de Manejo y Conservación del Abarco (Cariniana pyriformis Miers) en la jurisdicción CAR*. Bogotá D.C: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. From <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bd8b7fe8125c.pdf>
- Moreno, M., & del Valle, J. (2015). Influencia del clima local y ENOS en el crecimiento de Abarco (*Cariniana pyriformis*) en Chocó, Colombia. 97 - 107. doi:<https://doi.org/10.1007/s00468-014-1094-y>
- Muñoz, L. F. (2020). *Pruebas de germinacion y propagaacion de la especie Abarco(Cariniana pyriformis) Miers, Sardinata-norte de Santander.*. [Proyecto de investigación]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36885>
- Negash, L., & Van Staden, J. (2003). Vegetative propagation of the threatened East African yellowwood (*Podocarpus falcatus*). *South African Journal of Botany*, 69(2), 170 - 175. doi:[https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30342-2](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30342-2)
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), Food & Agriculture Org (FAO). (2020). El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la biodiversidad y las personas. From <https://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>
- Prance, G. T., & Mori, S. A. (1979). Lecythidaceae: Part I: The Actinomorphic-Flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma*, & *Cariniana*). En *Flora Neotropica* (Vol. 21, Número 1). From [https://www.researchgate.net/profile/Gt-Prance/publication/37723148\\_Lecythidaceae\\_a\\_Part\\_I\\_The\\_Actinomorphic-Flowered\\_New\\_World\\_Lecythidaceae/links/5602fc0108ae08d4f17140bd/Lecythidaceae-a-Part-I-The-Actinomorphic-Flowered-New-World-Lecythidaceae.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gt-Prance/publication/37723148_Lecythidaceae_a_Part_I_The_Actinomorphic-Flowered_New_World_Lecythidaceae/links/5602fc0108ae08d4f17140bd/Lecythidaceae-a-Part-I-The-Actinomorphic-Flowered-New-World-Lecythidaceae.pdf)
- Prato, A., Sánchez, S., Zuluaga, J., & Souza, P. (2020). Substrates, seedling age and environment in the initial growth of *Cariniana pyriformis miers*. *Floresta*, 1287 - 1296. doi:<https://doi.org/10.5380/rf.v50i2.62666>
- Presidencia de la república de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. Obtenido de: [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=1551](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=1551)
- Rodriguez, E. A. G., Pradella, E. M., de Souza, P. V. D., & Schafer, G. (2016). Propagação assexuada de araçazeiro (*psidium cattleianum sabine*) por estacas de folhas e ramos jovens. *Revista Arvore*, 40(4), 707-714. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400014>

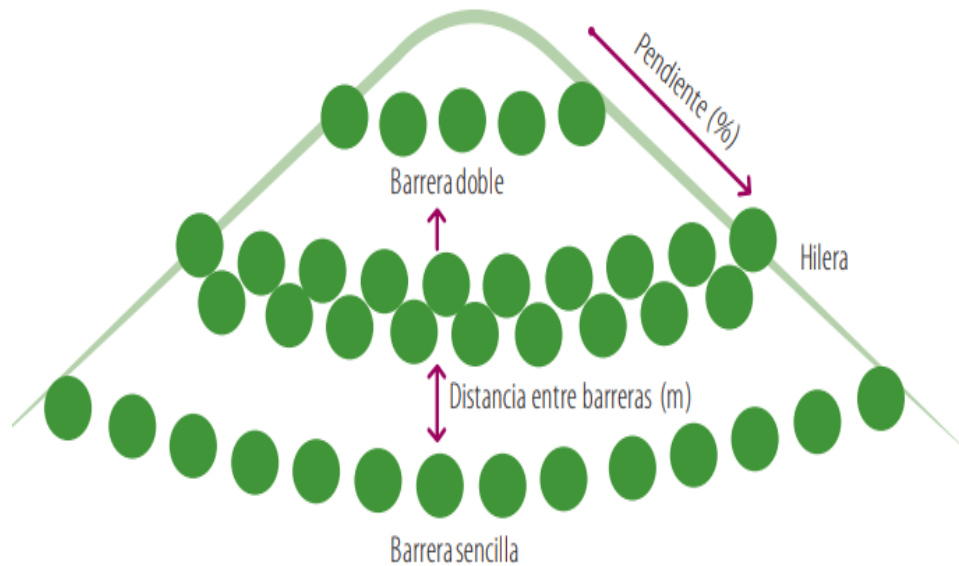
- Rodríguez Trejo, D. A. (2012). *Tipos de frutos*. 468-482. <https://rngr.net>
- Roncancio Guerrero, D., Vega Gonzalez, E., & Herrera Chivita, G. (1998). *Guia para plantaciones forestales comerciales: Cordoba*. Bogota, D.C.: Corporacion Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. From [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-6%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-6%20rev%201%20(F)%20s.pdf)
- Sarmiento, A., Caicedo, D., Pelaez, J., & Garzon, S. (2019). Seedling emergency and biometry of fruits and seeds of cariniana pyriformis from the Valle del Magdalena Medio, Colombia. *Cerna*, 25(2), 221-229. doi:<https://doi.org/10.1590/01047760201925022596>
- Silva Herrera, L. J., Roncancio Guerrero, D., Rodríguez Romero, J., Mondragón, F., & Santos de Acosta, R. (1996). Latifoliadas zona baja. Santafé de Bogotá D.C, Colombia.
- TvAgro. (10 agosto 2016). Protección Especie de Árbol El Abarco (*Cariniana pyriformis*) - TvAgro por Juan Gonzalo Angel [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=kjpQIGDtPtE>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2012). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN (Vol. 3). Gland, Suiza. From [https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/CriteriosIUCNredlistcatspanish\\_2daEdicion.pdf](https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/CriteriosIUCNredlistcatspanish_2daEdicion.pdf)
- Vásquez V. A. (2009). Propagación vegetativa de caoba (*Swietenia macrophylla*) Mediante Enraizamiento de Estaquillas Juveniles en Cámara de Sub- Irrigación, en Pucallpa – Perú. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana] Repositorio <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2985/T%20571.89%20V32.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villamizar, W. (2021). Asociación Agroforestal entre Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) y Cacao (*Theobroma cacao*. l) en el Municipio de El Playón Santander. Universidad Abierta y a Distancia - UNAD. From <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40567/wvillamizarsunadvirtualeduco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- WWF. *12 especies colombianas de árboles amenazados*. (2022, 5 agosto). Recuperado 23 de abril de 2022, de <https://www.wwf.org.co/?299073/12-especies-plantas-amenazadas-colombia-biodiversidad>

Zanoni Mendi. (1975). *Propagacion Vegetativa Por Estacas De Ocho Especies Forestales*. [Tesis de postgrado, Universidad de Costa Rica] (pp. 1111). Repositorio <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5470>

## Anexos

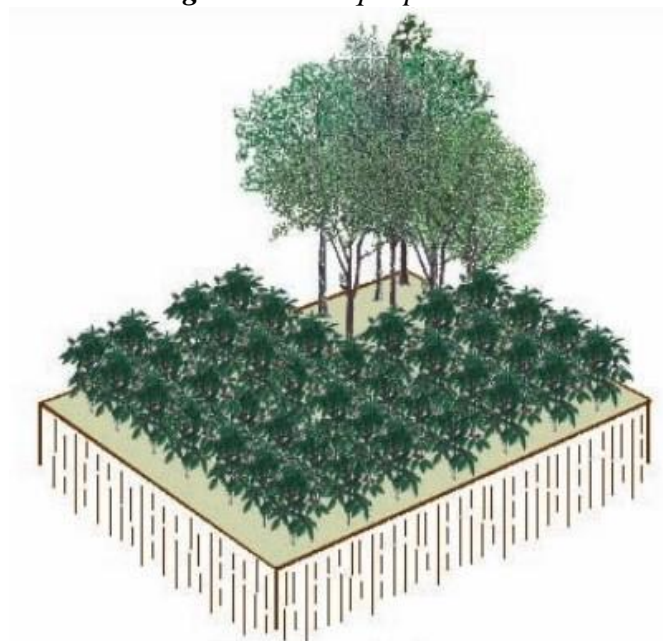
### Anexo I. Modelos agroforestales.

**Figura 13.** Barreras rompe vientos.



**\*Nota:** Tomado de (Valencia, 2014).

**Figura 14.** Bosque protector.



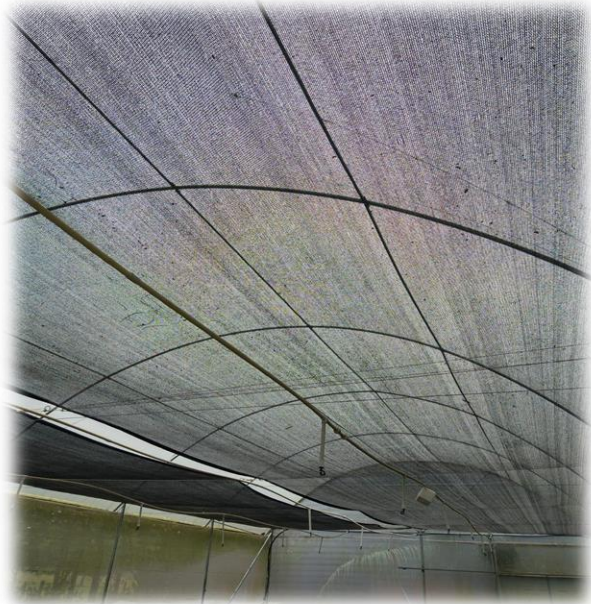
**\*Nota:** Tomado de (Valencia, 2014).

*Anexo 2. Invernadero en su parte exterior, interior y eras de siembra.*

**Figura 15.** *Parte exterior del invernadero.*



**Figura 16.** *Parte interior del invernadero.*



**Figura 17.** *Eras elevadas de ensayos.*



*Anexo 3. Distribución geográfica género Cariniana.*

**Figura 18.** Distribución geográfica del género *Cariniana* en América Latina.

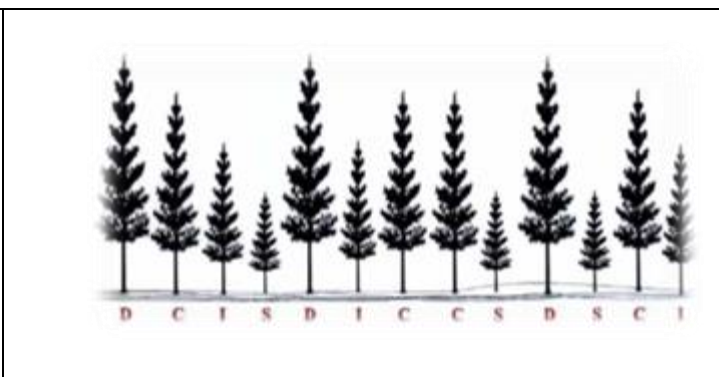


**\*Nota:** Tomado de (Morales Mora G, 2018).

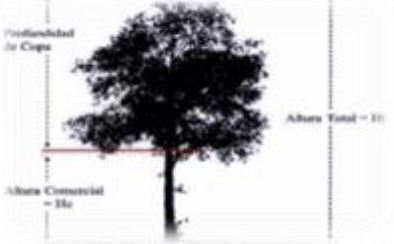

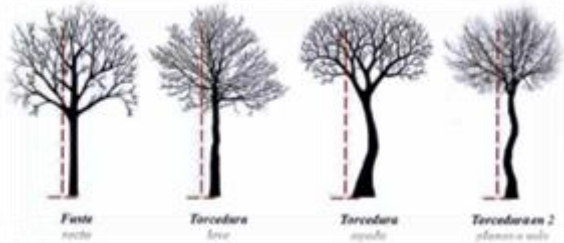
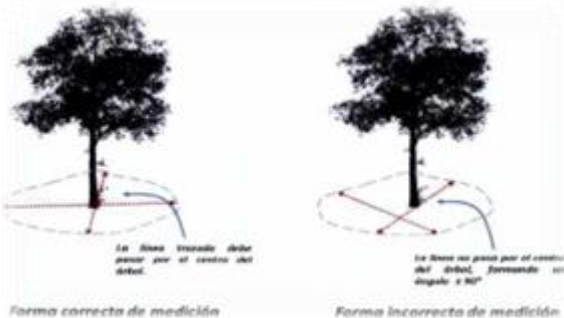
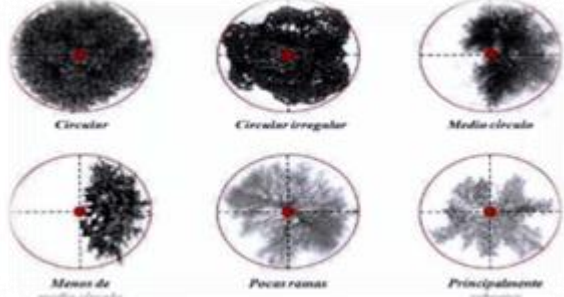
*Anexo 4. Criterios para evaluar en arboles semilleros.*

**Tabla 6.** Criterios a evaluar en arboles semilleros.

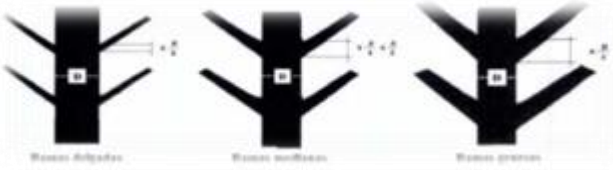
**Altura Total:** Registrar en el formato la altura total estimada del árbol, es decir la altura considerada desde la superficie del suelo hasta el extremo de la yema terminal del fuste (final de la copa). Con este parámetro se establece si el árbol es **Dominante (D)**, **Codominante (C)**, **Intermedio (I)** o **Suprimido (S)**, conforme se indica en la siguiente figura:



**Tabla 6.** Continuación

<p><b>Altura Comercial:</b> La estimación de este parámetro se puede realizar con un hipsómetro, con un clinómetro de Suunto o a calculo visual, siempre y cuando la persona que hace el cálculo tenga algún entrenamiento previo para realizarlo.</p>	
<p><b>Altura de bifurcación:</b> Este parámetro es la medición del árbol desde la base del suelo hasta la altura donde emerge la primera rama, que hace parte de su copa.</p>	
<p><b>Forma del Fuste:</b> La calidad de la forma del fuste está definido por el grado de rectitud del mismo, es decir, un árbol con fuste recto recibirá la máxima calificación, su grado va disminuyendo de acuerdo al nivel de deformidad del mismo.</p>	
<p><b>Diámetro de Copa:</b> Su medición se realiza en direcciones perpendiculares, midiendo la longitud más larga de borde a borde de la copa. El valor para registrar será el promedio de las dos (2) medidas antes mencionadas y se la clasifica de la siguiente forma: Copa vigorosa = diámetro mayor medido. Copa promedio = diámetro entre límites mayor y menor. Copa pequeña = diámetro menor medido.</p>	
<p><b>Forma de Copa:</b> Esta característica permite estimar su ancho, profundidad, área superficial, volumen y densidad, que se puede relacionar con su estado fitosanitario, etapa de crecimiento y con la capacidad de producción de semillas.</p>	

**Tabla 6.** Continuación

<p><b>Grosor de ramas:</b> Esta variable está asociada a la calidad de madera por presencia y tamaño de los nudos de las ramas, es decir un árbol de la misma especie con ramas más gruesas tendrá un parámetro de calificación que otro con diámetro de ramas más pequeño, dado que la poda de los árboles con ramas gruesas es mayor el tiempo de curación, aporta menos calidad de la madera y un alto riesgo de enfermedades por una herida de mayor tamaño.</p>	
--	--

**\*Nota:** Tomado de (Bosques, Suelos y Aguas, 2021).

**Tabla 7.** Valores ponderados de los parámetros a evaluar.

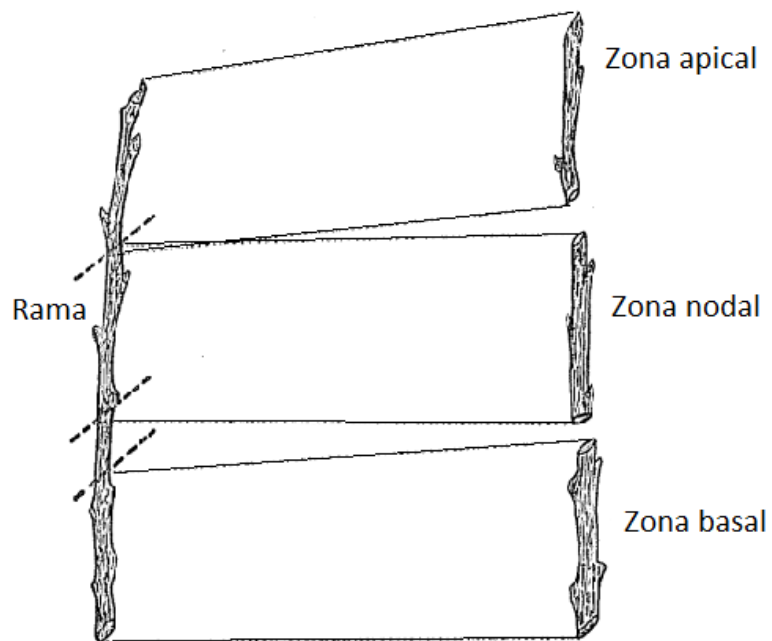
Parámetros para evaluar	Características	Valor Ponderado
Altura bifurcación	No bifurcado	6
	Bifurcado en el 1/3 superior	4
	Bifurcado en el 1/3 medio	3
	Bifurcado en el 1/3 inferior	1
Forma del fuste	Recto	6
	Torcedura leve	4
	Torcedura aguda	3
	Muy torcido	1
Diámetro de la copa	Copa vigorosa	7
	Copa promedio	3
	Copa pequeña	1
Forma de copa	Circular	6
	Circular irregular	5
	Medio círculo	4
	Menos de medio círculo	3
	Pocas ramas	2
	Principalmente rebrotes	1
Angulo de inserción de ramas	De 45° a 90°	1
	de 0° a 45°	0

**Tabla 7.** Continuación

Grosor de las ramas	Delgadas	2
	Medianas	1
	Gruesas	0
Gambas o aletones	Ausencia	1
	Presencia	0
Mudos-Muñones	Ausencia	1
	Presencia	0
Grano espiral	Ausencia	1
	Presencia	0
Sanidad	Árbol sano	1
	Árbol enfermo	0

**\*Nota:** Tomado de (Bosques, Suelos y Aguas, 2021).

**Anexo 5.** Zonas de corte en la rama.



**Figura 19.** Descripción grafica de la zona de corte de la rama.

**\*Nota:** Tomado de (Mendi,1975).

**Anexo 6. Protocolo de transporte de esquejes.**

El éxito de la reproducción vegetativa depende principalmente del transporte; para esto es indispensable contar con los materiales y recursos necesarios. Se recomienda realizar la siembra lo más pronto posible después de la poda; en caso de que el lugar de la poda se encuentre distanciado del lugar de siembra, es necesario mantener los esquejes entre 4° a 10° C.

**Tabla 8. Protocolo de transporte de esquejes.**




Etapa	Descripción	Ilustración
1	Humedecer toallas absorbentes o periódico y envolver los esquejes en este (no es necesario 1 esqueje por toalla)	
2	Introducir los esquejes envueltos dentro de bolsas ziploc.	
3	Posteriormente colocar las bolsas ziploc en cavas con hielo (importante asegurar temperaturas entre 4°C a 10°C desde el momento de la poda hasta el momento de la siembra).	

**Anexo 7. Protocolo de desinfección de sustratos.**

Con el fin de obtener mejores índices de germinación en semillas y potencial radicular en los esquejes, se realiza la desinfección de los sustratos fibra de coco y arena combinada con corteza de pino. Para ello se dispuso de 6 camas germinadoras, se llenaron con sustrato tamizado, y

posteriormente se realizó el debido proceso de desinfección con “Basamid”, dicho proceso es realizado en tres etapas.



**Tabla 9.** Protocolo de desinfección de sustratos.

Etapa	Descripción	Ilustración
1	Agregar 15gr de Basamid, por cada metro cúbico de tierra. En total se agregaron 90gr por cama germinadora.	
2	Posteriormente se mezcló todo el sustrato con el fin de que se integrará en su totalidad con el Basamid.	
3	Por último, se humedece el sustrato en su totalidad.	
	Como etapa final se dejan en reposo las camas de germinación, tapadas con plásticos por 4 días consecutivos, para conservar su humedad, pasados estos días se destapa y se deja reposar por otros 4 días, finalmente se obtiene el sustrato desinfectado.	


**Anexo 8. Protocolo de desinfección de tubetes.**

Complementando el proceso de desinfección de sustratos y con el fin de evitar hongos y restos de material vegetal de anteriores siembras en los tubetes, se realiza el lavado a presión con la bomba estacionaria de 45 canastas (2430 tubetes).

**Tabla 10. Protocolo de desinfección de tubetes.**

Etapa	Descripción	Ilustración
1	Cada tubete es lavado individualmente con mezcla de jabón y agua, de tal modo que se genere la espuma necesaria para erradicar los microorganismos	
2	Posteriormente pasan por la etapa de enjuague para lavar los restos de jabón.	
3	Se sumerge cada canasta con sus respectivos tubetes en una mezcla de 20 ml de hipoclorito al 5% por cada litro de agua (1000 ml), en este caso se utilizaron 200 L (200000 ml) de agua y 4 L (4000 ml) de hipoclorito, con el fin de garantizar la erradicación de hongos que pudiesen haber quedado de la etapa anterior	

**Tabla 10.** Continuación

4	Se recomienda hacer uso de los implementos necesarios de protección personal como tapabocas y guantes industriales debido a la fuerte mezcla.	
---	---	---

**Anexo 9.** Inmersión de los esquejes en IBA.**Figura 20.** Proceso de inmersión de los esquejes en IBA.

*Anexo 10. Inmersión de los esquejes en Hormonagro.*

*Figura 21. Proceso de Inmersión de los esquejes en Hormonagro.*



**Anexo 11. Evaluación y caracterización de árboles parentales.****Tabla 11. Evaluación y caracterización de árboles parentales.**

Parámetros fenotípicos y fitosanitarios para evaluar	Valor	bol 1	bol 2	bol 3	bol 4	bol 5	bol 6	bol 7	bol 8	bol 9	rbol 10	rbol 11	bol 12	Árbol 13
	Ponderado													
Pendiente del terreno	Plano a levemente inclinado (< 45°)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Muy inclinado (>45°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estado fenológico	Fructificación	6	0	6	6	6	0	6	6	6	6	6	6	6
	Floración	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Foliación	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Defoliación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altura de bifurcación	No bifurcado	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Bifurcado en el tercio superior	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	Bifurcado en el tercio medio	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bifurcado en el tercio inferior	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Forma del fuste	Recto	6	0	0	0	6	6	0	6	6	0	0	6	6
	Torcedura leve	4	4	4	4	0	0	4	0	0	4	4	0	0
	Torcedura aguda	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Muy torcido	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diámetro de copa	Copa vigorosa	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0	0
	Copa promedio	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
	Copa pequeña	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forma de la copa	Circular	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
	Circular irregular	5	5	5	0	5	5	0	0	5	0	5	0	0
	Medio círculo	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Menos de medio círculo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pocas ramas	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	Principalmente rebrotes	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Grosor de las ramas	Delgadas	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	Medianas	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
	Gruesas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gambas o aletones	Ausencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanidad	Sano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Enfermo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria total por árbol			21	23	27	29	25	18	22	25	23	27	22	27
Clasificación árboles evaluados			B	B	E	E	B	R	B	B	B	E	B	E

Tabla 11. Continuación.

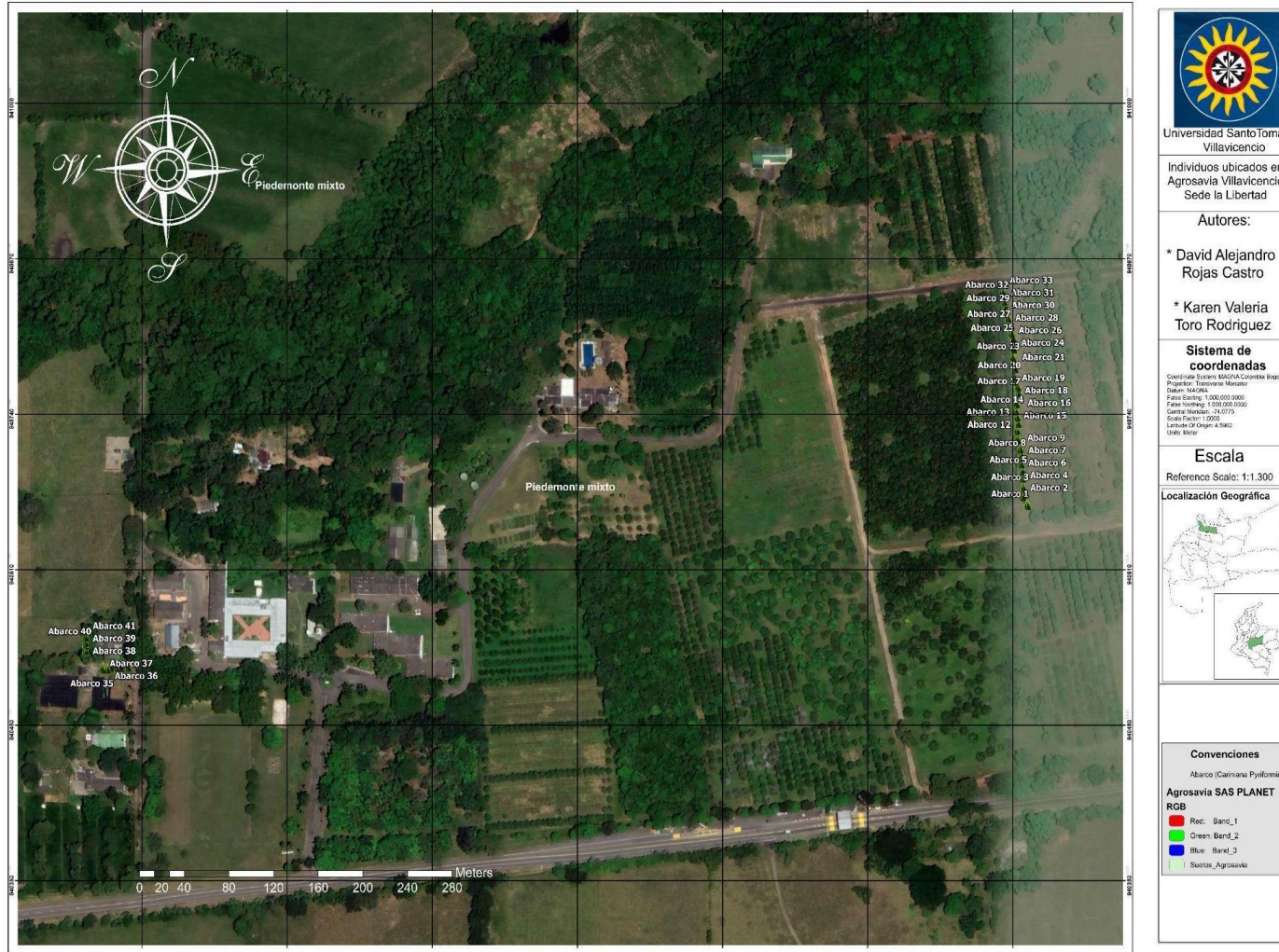
Ár bol 14	Ár bol 15	Ár bol 16	Ár bol 17	Ár bol 18	Ár bol 19	Ár bol 20	Ár bol 21	Ár bol 22	Ár bol 23	Ár bol 24	Ár bol 25	Ár bol 26	Ár bol 27	Ár bol 28	Ár bol 29	Ár bol 30	Ár bol 31	Ár bol 32	Ár bol 33
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	6	0	6	6	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	3	0	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	0	3
0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	6	0	6	0	0	6	6	6	0	0	6	0	6	6	6
0	4	4	4	4	0	4	0	4	4	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	7	0	0	7	7	0	0	0	7	0	7	7	7	7	7	0	7	7
0	3	0	3	3	0	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	6	0	0	0	6	0	0	0	6	0	6	6	6	6	6	0	6	6
0	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	26	28	23	23	31	27	28	23	23	30	24	32	30	30	32	28	25	35	29
E	B	E	B	B	E	E	E	B	B	E	B	E	E	E	E	E	B	E	E

Tabla 11. Continuación.

Ár bol 34	Ár bol 35	Ár bol 36	Ár bol 37	Ár bol 38	Ár bol 39	Ár bol 40	Ár bol 41	Ár bol 42	Ár bol 43	Ár bol 44	Ár bol 45	Ár bol 46	Ár bol 47	Ár bol 48	Ár bol 49	Ár bol 50	Ár bol 51	Ár bol 52	Ár bol 53
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	6	6	6	6	0	6	6	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	6	6	0	0	0	0	0	6	0
4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	4	0	0	4	4	4	4	4	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
6	6	0	6	6	0	0	0	6	0	0	6	6	0	6	6	6	0	6	0
0	0	5	0	0	5	5	5	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	0	2	0	0	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	22	23	24	22	26	21	26	33	28	23	26	29	24	19	18	18	17	21	23
<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

Anexo 12. Individuos de Abarco, en AGROSAVIA, sede “La Libertad”.

Figura 22. Caracterización de individuos de Abarco, en AGROSAVIA, sede “La Libertad”.



*Anexo 13. Individuos de Abarco, ubicados en el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, de Villavicencio.*

**Figura 23. Caracterización de individuos de Abarco, ubicados en el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, de Villavicencio.**



**Anexo 14.** Individuos ubicados en la reserva natural de la sociedad civil “Los Maracos”, en el municipio de San Juan de Arama - Meta.

**Figura 24.** Caracterización de individuos ubicados en la reserva natural de la sociedad civil “Los Maracos”, en el municipio de San Juan de Arama - Meta.



**Anexo 15.** *Tabla descriptiva de tratamientos distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento.*

**Tabla 12.** *Promedio de yemas, hojas y presencia de callos radiculares en esquejes de abarco, discriminados por tratamiento (Nota: los valores fueron distribuidos en orden decreciente – de mayor a menor, de acuerdo con el tratamiento).*

<i>Número promedio de yemas por tratamiento</i>	<i>Código de Tratamiento</i>	<i>Número promedio de hojas por tratamiento</i>	<i>Código de Tratamiento</i>	<i>Número de individuos con presencia de callos</i>	<i>Código de Tratamiento</i>
3,35	T3	4,99	T3	10	T3
2,42	T6	2,88	T6	5	T6
1,61	T9	2,18	T9	5	T18
1,34	T17	1,19	T18	4	T2
1,25	T18	1,07	T27	3	T5
1,03	T4	0,91	T17	3	T8
0,99	T8	0,75	T36	3	T45
0,99	T5	0,47	T14	2	T39
0,77	T27	0,45	T30	2	T41
0,76	T1	0,41	T41	2	T42
0,74	T25	0,41	T8	1	T15
0,74	T2	0,39	T2	1	T26
0,63	T7	0,38	T24	1	T27
0,59	T14	0,36	T35	1	T36
0,59	T11	0,32	T33	1	T44
0,56	T35	0,31	T5	0	T1
0,52	T44	0,31	T44	0	T4
0,46	T24	0,27	T45	0	T7
0,46	T36	0,27	T11	0	T9
0,44	T34	0,27	T15	0	T10
0,43	T30	0,25	T31	0	T11
0,39	T16	0,23	T21	0	T12
0,38	T19	0,21	T12	0	T13
0,38	T41	0,17	T1	0	T14
0,29	T29	0,16	T39	0	T16

**Tabla 12.** Continuación

0,28	T45	0,14	T42	0	T17
0,27	T23	0,14	T20	0	T19
0,25	T33	0,14	T4	0	T20
0,24	T15	0,1	T34	0	T21
0,23	T28	0,07	T23	0	T22
0,21	T21	0,07	T29	0	T23
0,2	T22	0,07	T26	0	T24
0,17	T42	0,06	T25	0	T25
0,16	T26	0,06	T28	0	T28
0,16	T12	0,05	T19	0	T29
0,14	T31	0,04	T7	0	T30
0,14	T20	0,02	T38	0	T31
0,12	T10	0,02	T43	0	T32
0,12	T38	0	T10	0	T33
0,09	T13	0	T13	0	T34
0,08	T43	0	T16	0	T35
0,08	T32	0	T22	0	T37
0,05	T37	0	T32	0	T38
0,05	T39	0	T37	0	T40
0,03	T40	0	T40	0	T43

**\*Nota:** Esta tabla fue elaborada por los autores. Para conocer la descripción del código de tratamiento dirigirse al **Anexo 16**.

**Anexo 16.** Tabla descriptiva de cada tratamiento.

**Tabla 13.** Tabla descriptiva de cada tratamiento.

Código del tratamiento	Descripción del tratamiento	Código del tratamiento	Descripción del tratamiento	Código del tratamiento	Descripción del tratamiento
<b>T1</b>	Turba testigo ápice	<b>T16</b>	Fibra de coco hormonagro ápice	<b>T31</b>	Corteza de pino 800 ápice
<b>T2</b>	Turba testigo nodal	<b>T17</b>	Fibra de coco hormonagro nodal	<b>T32</b>	Corteza de pino 800 nodal
<b>T3</b>	Turba testigo basal	<b>T18</b>	Fibra de coco hormonagro basal	<b>T33</b>	Corteza de pino 800 basal
<b>T4</b>	Corteza de pino testigo ápice	<b>T19</b>	Turba 600 ápice	<b>T34</b>	Fibra de coco 800 ápice
<b>T5</b>	Corteza de pino testigo nodal	<b>T20</b>	Turba 600 nodal	<b>T35</b>	Fibra de coco 800 nodal

**Tabla 13. Continuación**

<b>T6</b>	Corteza de pino testigo basal	<b>T21</b>	Turba 600 basal	<b>T36</b>	Fibra de coco 800 basal
<b>T7</b>	Fibra de coco testigo ápice	<b>T22</b>	Corteza de pino 600 ápice	<b>T37</b>	Turba 1000 ápice
<b>T8</b>	Fibra de coco testigo nodal	<b>T23</b>	Corteza de pino 600 nodal	<b>T38</b>	Turba 1000 nodal
<b>T9</b>	Fibra de coco testigo basal	<b>T24</b>	Corteza de pino 600 basal	<b>T39</b>	Turba 1000 basal
<b>T10</b>	Turba hormonagro ápice	<b>T25</b>	Fibra de coco 600 ápice	<b>T40</b>	Corteza de pino 1000 ápice
<b>T11</b>	Turba hormonagro nodal	<b>T26</b>	Fibra de coco 600 nodal	<b>T41</b>	Corteza de pino 1000 nodal
<b>T12</b>	Turba hormonagro basal	<b>T27</b>	Fibra de coco 600 basal	<b>T42</b>	Corteza de pino 1000 basal
<b>T13</b>	Corteza de pino hormonagro ápice	<b>T28</b>	Turba 800 ápice	<b>T43</b>	Fibra de coco 1000 ápice
<b>T14</b>	Corteza de pino hormonagro nodal	<b>T29</b>	Turba 800 nodal	<b>T44</b>	Fibra de coco 1000 nodal
<b>T15</b>	Corteza de pino hormonagro basal	<b>T30</b>	Turba 800 basal	<b>T45</b>	Fibra de coco 1000 basal

**Anexo 17. Zona generatriz del esqueje.****Figura 25. Presencia de formación de callos en la zona generatriz del esqueje.**

**\*Nota:** Esta protuberancia está asociada a la formación de raíces.

**Anexo 18. Protocolo de propagación del Abarco.**

- Humedecer toallas absorbentes o periódico y envolver los esquejes en este (no es necesario 1 esqueje por toalla).
- Introducir los esquejes envueltos dentro de bolsas ziploc.
- Posteriormente colocar las bolsas resellables en cabas con hielo (importante asegurar temperaturas entre 4°C a 10°C desde el momento de la poda, hasta el momento de la siembra).



**Figura 5:** Siembra de esquejes.  
**Foto:** David Rojas, Valeria Toro. 2022



**Figura 6:** Evolución de esquejes.  
**Foto:** David Rojas, Valeria Toro. 2023

**Siembra del esqueje:** La siembra debe ser lo más pronto posible. En caso de hacer uso de hormonas o enraizadores, se deben tener preparados todos los implementos antes de sacar el material de propagación de la cava, con el fin de evitar deshidratación.

1. Realizar huecos de  $\frac{1}{3}$  de la estaca con algún implemento del grosor del esqueje (lápiz, estaquilla).
2. Introducir  $\frac{1}{3}$  de esquejes dentro de cada tubete o maceta donde se llevará a cabo la siembra.

**Nota:** No dejar espacio entre el hueco y el esquejes, ya que esto promueve la pudrición.

**Propagación:** Ya sea de la parte apical, nodal o basal, es importante mantener condiciones constantes de temperatura (22° a 27° C) y humedad (70% a 100%). Se recomienda contar con un termohigrómetro para un efectivo monitoreo. Se deben realizar riegos intermitentes entre las 10 am a las 3 pm, periodo de tiempo en el que se presentan las condiciones más altas de temperatura y de menor humedad. Esto se facilita al automatizar sistemas de riego dentro de los invernaderos.

El uso del sustrato es indiferente en el estudio, por el contrario, los factores influyentes fueron el uso de hormonas y la zona de corte, donde predominan los tratamientos con testigos y zonas basales. Se recomienda que el seguimiento se haga durante un periodo mayor a 8 semanas, ya que se presume que el tiempo de enraizamiento sea mayor.

**Bibliografía:** Camacho Lopez, R., & Montero Gonzalez, M. (2005). Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.

Cardenas Lopez, D., Castaño Arboleda, N., Sua Tunjano, S., & Quintero Barrera, L. (2015). Planes de manejo para la conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquies. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.

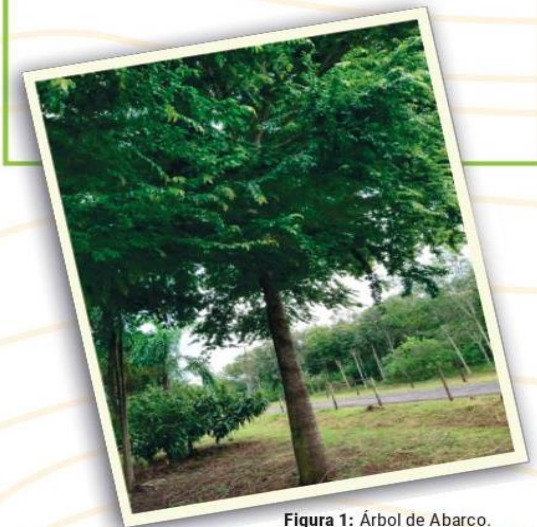
Mora, G. A. (2018). Plan de manejo y conservación del Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) en la jurisdicción CAR. Bogotá, Colombia: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Prance, G. T., & Mori, S. A. (1979). Lecythidaceae: Part I: The Actinomorphic-Flowered New World Lecythidaceae (Asteranthos, Gustavia, Grias, Allantoma, & Cariniana) (Vol. 21). New York Botanical Garden. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/4393721>

**BSA**  
BOSQUES, SUELOS & AGUAS  
Centro de Propagación de  
Especies Forestales Tropicales

## PROTOCOLO DE PROPAGACIÓN ASEXUAL DEL ABARCO

*Cariniana pyriformis*



**Figura 1:** Árbol de Abarco.  
**Foto:** David Rojas, Valeria Toro. 2022.

Con el apoyo de

UNIVERSIDAD  
**SANTOTOMAS**  
BOGOTÁ

**AGROSAVIA**

**Descripción:** El Abarco (*Cariniana pyriformis*), es un árbol caducifolio que puede alcanzar hasta los 50 metros de altura y 2 metros de diámetro (Prance & Mori, 1979).

Su corteza en la parte exterior es de color café y se desprende en tiras largas. Su corteza viva es color crema (Mora, 2018) y sus hojas son simples alternas de 4,5 a 7,5 cm de largo, 2 a 3,2 cm de ancho.

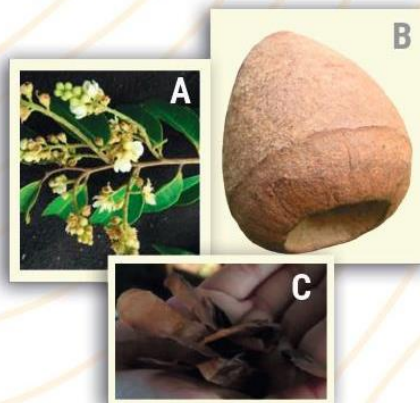
Los frutos son pixidios dehiscentes cónicos de 7–8 cm de largo con columela triangular. Cada fruto contiene de 8 a 25 semillas piriformes, de 4,1 cm de largo con un ala unilateral de 1,3 cm de longitud (Prance & Mori, 1979), (Cardenas Lopez, Castaño Arboleda, Sua Tunjano, & Quintero Barrera, 2015).



**Figura 2:** Hojas de Abarco.  
Foto: David Rojas, Valeria Toro. 2022.

**Usos e importancia:** La madera de Abarco es conocida por su durabilidad en agua y en tierra, además de su resistencia a hongos y termitas.

En la comunidad agrícola, la madera de Abarco juega un papel importante en su economía y uso inmediato, ya que se usa comúnmente en la construcción y carpintería, muebles, decoración de interiores, construcción de embarcaciones, pisos, chapas de madera, carretillas, entre otros (Camacho Lopez & Montero Gonzalez, 2005)(Cardenas Lopez, Castaño Arboleda, Sua Tunjano, & Quintero Barrera, 2015).



**Figura 3:** A. Flor; B. Fruto; C. Semilla  
Foto: David Rojas, Valeria Toro. 2022.

**Floración:** El periodo de floración se da al finalizar las épocas de lluvia entre los meses de agosto a octubre.

**Fructificación:** La fructificación se da en las épocas menos lluviosas o periodos secos, que van del mes de octubre a febrero.

**Recolección de esquejes :** Para la obtención de los esquejes deben ser tenidos en cuenta varios factores de prevención como la intensidad de los rayos del sol y la humedad del aire.

Se recomienda elegir ramas con crecimiento vertical, para favorecer el enraizamiento.

1. Los esquejes deben tener un mínimo de 3 nudos.
2. Cortar los esquejes de un largo aproximado de 15 centímetros.
3. Realizar cortes limpios en ambos extremos del esqueje.



**Figura 4:** Recolección de esquejes.  
Foto: David Rojas, Valeria Toro 2022.

**Transporte de esquejes :** El éxito de la reproducción vegetativa depende principalmente del transporte; para esto es indispensable contar con los materiales y recursos necesarios. Se recomienda realizar la siembra lo más pronto posible después de la poda; en caso de que el lugar de la poda se encuentre distanciado del lugar de siembra, es necesario mantener los esquejes entre 4° a 10° C.