

PROPAGACIÓN ASEXUAL POR ESQUEJES DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO
Hymenaea courbaril L. PARA SU ESTABLECIMIENTO EN VIVERO Y CONSERVACION,
VILLAVICENCIO, M.



LAURA CAMILA ARANDA ROJAS



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2022-2

PROPAGACIÓN ASEXUAL POR ESQUEJES DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO
Hymenaea courbaril L. PARA SU ESTABLECIMIENTO EN VIVERO Y CONSERVACION,
VILLAVICENCIO, M.

LAURA CAMILA ARANDA ROJAS

Informe final de pasantía presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesor

Rodrigo Isaac Velosa Caicedo, Biólogo M.Sc.

Codirector

Paola Piñeros, PhD Ingeniero Forestal.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2023-1

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 GRACÍA JARA, O. P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TABÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Mg. WILLIAM PEÑAAARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

A Dios principalmente por permitirme culminar un logro más en vida, a mi padre Hugo Hernan Aranda y mi madre Yolanda Rojas quienes fueron mi motor, mi voz de aliento en mis días críticos y quienes con mucho esfuerzo, dedicación y amor incondicional ayudaron a que finalizara de la mejor manera mi carrera profesional. A mis familiares y amigos quienes fueron un apoyo y base fundamental a lo largo de mi trayectoria por la universidad y por último y no menos importante, mi director de grado Rodrigo Isaac Velosa Caicedo quien me brindo su tiempo, paciencia y apoyo incondicional para lograr culminar mi carrera profesional.

Agradecimientos

Agradezco inicialmente a Dios por brindarme sabiduría, paciencia y fuerzas para lograr culminar mi carrera universitaria. De igual manera, agradezco a mi familia por brindarme su apoyo incondicional, por motivarme diariamente a superarme en cada adversidad y enseñarme a ser perseverante con mis objetivos y sobre todo agradezco inmensamente a mi director de grado Rodrigo Isaac Velosa Caicedo quien ha sido una base fundamental en todo el proceso y desarrollo de mi proyecto de grado.

De manera especial agradezco a la empresa Bosques, Suelos & Aguas por brindarme la oportunidad de ser la primera estudiante en realizar las pasantías en sus instalaciones, por facilitarme sus implementos del centro de propagación de especies forestales tropicales (CPEFT) para la ejecución de mi proyecto y grado y, por último, por brindarme unos excelentes líderes de apoyo, los cuales me brindaron su confianza, tiempo y conocimientos durante la ejecución de mi trabajo de grado.

Por último, agradezco a la Universidad Santo Tomás y a su cuerpo docente por brindarme sus conocimientos, tiempo y apoyo durante todo mi proceso de formación profesional.

Contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	13
1. Introducción.....	14
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo General.	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. Antecedentes.....	17
4. Marco de referencia	20
4.1. Marco Teórico.....	20
4.2. Marco Conceptual.	22
4.3. Marco Legal.	23
5. Metodología.....	25
Fase N°1. Caracterización dasométrica y fitosanitaria de plantas para la obtención y selección de estacas y/o esquejes	25
Fase N°2. Montaje de ensayos experimentales de propagación vegetal.....	26
Fase N°3. Análisis de resultados de los ensayos experimentales.....	28
6. Resultados.....	29
Fase N°1. Caracterización dasométrica y fitosanitaria de plantas para la obtención y selección de estacas y/o esquejes.....	29
Fase N°2. Efecto de las condiciones ambientales (humedad % y temperatura °C) en invernadero sobre la producción de yemas, hojas y callos radiculares.....	37
Fase N°3. Análisis estadístico de los ensayos experimentales.....	45
7. Discusión de resultados	48
8. Conclusiones	50
9. Recomendaciones	51

10. Bibliografía	52
11. Anexos	59

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla N°1. Normatividad ambiental relacionada con la conservación de especies vegetales nativas.	23
Tabla N°2. Datos de condiciones del sitio y valores promedio de las variables de altura total (m), altura total estimada (m), altura comercial (m) y diámetro a la altura del pecho (m) de los 8 individuos de Algarrobo.	30
Tabla N°3. Matriz de evaluación de parámetros fenotípicos y fitosanitarios para caracterización de árboles parentales y porcentaje por localidad de las variables utilizadas para la caracterización de individuos de Algarrobo.....	32
Tabla N°4. Criterios para evaluar árboles semilleros.	59
Tabla N°5. Valores ponderados para las variables a evaluar.	61
Tabla N°6. Protocolo de desinfección de sustratos empleado para los ensayos experimentales.	62
Tabla N°7. Protocolo de desinfección de tubetes y canastas empleado para los ensayos experimentales.	64
Tabla N°8. Protocolo de propagación asexual del Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>).	66
Tabla N° 9. Descripción de los 27 tratamientos empleados en los ensayos experimentales.	72

Lista de Figuras

	Pág.
Figura N°1. Documentos publicados en la base de datos Scopus sobre propagación asexual en América en el periodo de 1912 - 2022.....	17
Figura N°2. Distribución por localidad de los 8 individuos de Algarrobo (<i>Hymenaea Courbaril</i>) identificados en el Hotel Alcaraván y en la vía antigua a Cumaral.	29
Figura N°3. Valoración general del estado fenológico de la población muestreada de individuos de Algarrobo.	35
Figura N°4. Relación del número total yemas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la temperatura.	38
Figura N°5. Relación del número total yemas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la humedad relativa.....	38
Figura N°6. Relación del número total hojas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la temperatura.	40
Figura N°7. Relación del número total hojas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la humedad relativa.....	40
Figura N°8. Número promedio de yemas con su respectivo de tratamiento – Distribución de datos de mayor a menor.	41
Figura N°9. Número promedio de hojas con su respectivo de tratamiento – Distribución de datos de mayor a menor.....	42
Figura N°10. Número promedio de callos radiculares con su respectivo de tratamiento – Distribución de datos de mayor a menor.	43
Figura N°11. Dendrograma de similitud entre los 27 tratamientos de acuerdo con el número promedio de yemas en esquejes (índice de Bray-Curtis y método de agrupamiento UPGMA)...	45
Figura N°12. Dendrograma de similitud entre los 27 tratamientos de acuerdo con el número promedio de hojas en esquejes (índice de Bray-Curtis y método de agrupamiento UPGMA). ...	47

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Criterios para evaluar árboles semilleros.	59
Anexo 2. Protocolo de desinfección de sustratos empleado para los ensayos experimentales. ...	62
Anexo 3. Protocolo de desinfección de tubetes y canastas empleado para los ensayos experimentales.	64
Anexo 4. Protocolo de propagación asexual del Algarrobo (<i>Hymenaea Courbaril</i>).	66
Anexo 5. Descripción de los 27 tratamientos empleados en los ensayos experimentales.	72

Resumen

Este estudio tiene como objetivo evaluar la propagación asexual por medio de miniesquejes de la especie forestal nativa Algarrobo - *Hymenaea courbaril* L. con el fin de determinar el potencial de esta técnica de propagación para el establecimiento y producción de plantas madre. En este estudio se utilizó un Diseño Factorial de 3 x 3 x 3 para evaluar durante un periodo de 9 semanas el efecto de tres concentraciones de la hormona de crecimiento Ácido Indol Butírico (0, 600 y 800 ppm), tres tipos de sustratos (fibra de coco, corteza de pino con arena y turba) y tres tipos de corte de ramas (apical, nodal y basal), sobre crecimiento y el grado de enraizamiento de esquejes de la especie *Hymenaea courbaril* L. Inicialmente se realizó la identificación y se estableció la distribución de los stocks adultos para corte de esquejes. Posteriormente, se evaluaron las características fenotípicas y se estableció el número de individuos de algarrobo, en el cual totalizó 8 árboles, de los cuales 6 se localizaron en el Hotel Alcaraván y 2 sobre la vía antigua a Cumaral.

Se realizó el montaje de los ensayos experimentales en invernadero, donde se utilizó un diseño factorial completamente al azar, que comprendió un total de 27 tratamientos y 54 réplicas que se realizaron por tratamiento. Las variables de respuesta que se tuvieron en cuenta en este estudio fueron la presencia de yemas, hojas y callos, las cuales se monitorearon durante 9 semanas consecutivas. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo – comparativo y se realizó un análisis de varianza ANOVA con la prueba de Kruskal - Wallis y un Análisis de Agrupamientos (Clusters) para corroborar si existen diferencias entre los 27 tratamientos.

Se obtuvo el mejor resultado en reproducción para las variables de número de yemas y hojas, en los cuales se destacaron los tratamientos T9, T18, T12, T15 y T24 como los mayores productores de yemas y los tratamientos T9, T8, T6, T15 y T21 como los principales productores de número de hojas. Todos los tratamientos previamente mencionados tuvieron como común denominador el tipo de corte basal; sin embargo, no se observó la misma relación para los tipos de sustratos empleados y las distintas concentraciones de hormona, por lo que se deduce que,

posiblemente el corte basal fue el factor de prueba con mayor influencia en el desarrollo de yemas, hojas y callos radiculares en esta especie.

Palabras claves: Esqueje, propagación asexual, ácido indol butírico, invernadero y sustrato.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the asexual propagation of the native forest species Algarrobo - *Hymenaea courbaril* L. by means of mini-scions in order to determine the potential of this propagation technique for the establishment and production of mother plants.

In this study a 3 x 3 x 3 Factorial Design was used to evaluate during a period of 9 weeks the effect of three concentrations of the growth hormone Indole Butyric Acid (0, 600 and 800 ppm), three types of substrates (coconut fiber, pine bark with sand and peat) and three types of branch cuttings (apical, nodal and basal), on growth and the degree of rooting of cuttings of *Hymenaea courbaril* L. species. Initially, identification was made and the location of the forest species was established. Subsequently, the phenotypic characteristics were evaluated and the number of carob tree individuals was established, in which a total of 8 trees were obtained, 6 of which were located in the Hotel Alcaraván and 2 on the old road to Cumaral.

Consequently, the experimental trials were set up in a greenhouse, where a completely randomized factorial design was used, with a total of 27 treatments and 54 replicates per treatment. The response variables taken into account in this study were the presence of buds, leaves and callus, which were monitored for 9 consecutive weeks. A quantitative approach with a descriptive-comparative design was used and an ANOVA analysis of variance was performed with the Kruskal-Wallis test to corroborate if there are differences among the 27 treatments.

The best results in reproduction were obtained for the variables of number of buds and leaves, in which treatments T9, T18, T12, T15 and T24 stood out as the greatest producers of buds and treatments T9, T8, T6, T15 and T21 as the main producers of number of leaves. All the previously mentioned treatments had as common denominator the type of basal cutting, however, the same relationship was not observed for the types of substrates used and the different concentrations of hormone, so it is deduced that, possibly, the basal cutting was the only test factor with the greatest influence on the development of buds, leaves and callus.

Key words: Cuttings, asexual propagation, indole butyric acid, greenhouse and substrate.

1. Introducción

La deforestación y el cambio de uso del suelo en Colombia y en la región de la Orinoquía en particular, ha ocasionado que los ecosistemas se transformen y degraden rápidamente, siendo esta la principal causa de pérdida de biodiversidad (Humboldt, 2020). El Fondo Mundial para la Naturaleza WWF indicó que en Colombia existen más de 796 especies de plantas en grado de amenaza (WWF, 2020) debido al aumento de la deforestación, la cual tiene como principales causas las siguientes: malas prácticas de ganadería extensiva, praderización y savanización para el cambio de uso del suelo, desarrollo de infraestructura no planificada y de monocultivos, cultivos de uso ilícito, extracción ilícita de minerales, tala ilegal, expansión de la frontera agrícola en áreas de conservación e incendios forestales.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha indicado que el 70% de la deforestación de Colombia se concentra en los departamentos de Meta, Caquetá, Guaviare, Putumayo y Antioquia; siendo el Meta uno de los que presenta la mayor tasa de deforestación estimada en pérdidas de 6.500 ha de bosque (IDEAM, 2020). Adicionalmente el Meta presenta una alta tasa de incendios forestales, los cuales están relacionados tanto con el cambio climático como con el cambio de uso de suelo afectando la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos; se ha registrado que en el piedemonte llanero del Meta se ha intensificado la práctica de pastoreo semi-intensivo y extensivo de ganado bovino y a su vez, se han incrementado las actividades agrícolas con cultivos frutales (Mesa et al., 2018).

La disminución de especies forestales nativas constituye una importante amenaza por lo cual se hace necesario la toma de medidas para la conservación de estas especies. Sin embargo, existe un déficit de información en relación a las estrategias de propagación de plantas en viveros, específicamente de la reproducción asexual de especies forestales nativas. En particular, es escasa la información reportada en la literatura acerca de lineamientos técnicos para la propagación asexual en vivero del algarrobo -*Hymenaea courbaril* L (Quishpe y Sáenz 2010). Lo anterior implica una gran desventaja para los pequeños y medianos viveristas que deseen aumentar la disponibilidad de material de propagación, el cual podría ser utilizado en proyectos

de conservación, restauración ecológica y reforestación de entidades gubernamentales y privadas (Schoffen, Martinez, Conti, Franco, & Ayala, 2014).

Mediante el empleo de técnicas de propagación asexual, para especies que presentan esta forma de reproducción o que la combinan con la reproducción sexual (semillas), es factible aumentar la disponibilidad de material vegetal y a su vez, facilitar la multiplicación clonal de material genético (Moreno N. , Álvarez Herrera, Balaguera López , & Fischer , 2009). La reproducción asexual se utiliza para obtener clones que son copias exactas de la planta original por sus buenas características (Quishpe y Sáenz 2010). Si se masifica este proceso en vivero, podrían obtenerse una alta cantidad de individuos, siempre y cuando los progenitores sean de excelente calidad.

El poco conocimiento sobre las técnicas necesarias para el manejo de poblaciones vegetales ex situ, constituye un obstáculo para la producción comercial de material vegetal, útil para satisfacer su demanda en áreas de conservación, restauración y de innovación y desarrollo biotecnológico (Carreño et al., 2019). Diversos estudios han documentado que algunas especies de plantas de interés ya sea comercial o para conservación y que se reproducen vía asexual, presentan bajas tasas de propagación, además de otros factores asociados a la calidad de los esquejes como por ejemplo vulnerabilidad a enfermedades y otros (Quishpe y Sáenz 2010). En este estudio se puso a prueba varios tratamientos con esquejes para determinar su eficiencia en la propagación asexual de una especie forestal de interés ecológico y comercial como lo es el algarrobo. Se espera que la información colectada facilite la multiplicación clonal de material vegetal, el cual pueda ser utilizado tanto por la empresa Bosques, Suelos y Aguas como otros actores sociales en proyectos de conservación, restauración ecológica y reforestación.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General.

Evaluar el potencial de propagación asexual (miniesquejes) por medio de ensayos experimentales en invernadero de la especie forestal nativa *Hymenaea courbaril* L. para el establecimiento y producción de plantas madre en vivero.

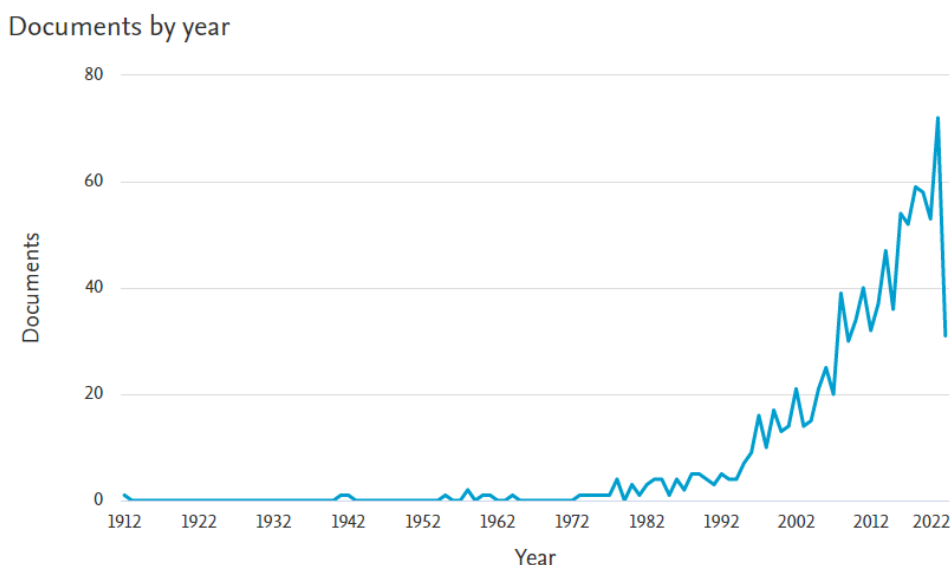
2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una caracterización dasométrica y fitosanitaria de los stocks de plantas adultas a utilizar para el corte de los esquejes.
- Desarrollar los distintos tratamientos experimentales con diferentes tipos de sustratos (3), concentraciones de fitohormonas (3) y cortes de esquejes (3) para la especie *Hymenaea courbaril* L.
- Proponer lineamientos técnicos para la producción de plantas madre en vivero a partir de fuentes primarias y secundarias de información.

3. Antecedentes

Se realizó una revisión de información sobre la propagación asexual en la base de datos de Scopus, en el cual se utilizó como palabra clave “asexual propagation”. Se recopilaron 946 resultados que indican una tendencia progresiva en la producción colectiva de documentos sobre el tema, incrementada a partir de la década del 90. (**Figura N°1**).

Figura N°1. Documentos publicados en la base de datos Scopus sobre propagación asexual en América en el periodo de 1912 - 2022.



En la literatura se encuentran diversos artículos en los que se utilizan diversas hormonas vegetales para la iniciación de raíces adventicias en esquejes (Lucero, 2014). Browne et al (2000) investigaron la manera de mejorar los procedimientos de propagación asexual de una especie de pino utilizando esquejes en Canadá; en esta investigación se incluyó la aplicación de auxinas a los esquejes para promover el enraizamiento, junto con la aplicación de podas sucesivas a las plántulas resultantes para mejorar el rendimiento. En este estudio el enraizamiento óptimo se obtuvo de plantas donantes cultivadas en un ambiente de invernadero con aplicaciones bajas de fertilizantes oscilando entre 45 y 100% y las frecuencias de enraizamiento fueron más altas con la aplicación de la hormona ácido alfa-naftalenacético con una concentración de 5,4mM (Browne, Davidson, & Enns, 2000).

Villa et al (2018) realizaron una investigación sobre el enraizamiento de una especie cultivada de frambuesa negra con el regulador de crecimiento vegetal denominado ácido indolbutírico IBA en Brasil; en este estudio se realizaron dos experimentos en condiciones de invernadero, utilizando diseños experimentales factoriales, en los que se sometieron a prueba diferentes cortes de esquejes (apical, medial y basal) y diferentes concentraciones de hormona IBA (0 mg L⁻¹ y 2000 mg L⁻¹). Pasados 80 días, se evaluó el porcentaje de enraizamiento (%), número de raíces y brotes por esquejes, longitud de la raíz (cm) y biomasa fresca y seca de brotes (g) con resultados relativamente exitosos de propagación (Villa et al., 2018). Alvarado-Aguayo y Munzón-Quintana (2020) analizaron el comportamiento de los efectos de diferentes enraizantes y sustratos en la reproducción asexual y desarrollo de plántulas de ficus (*Ficus benjamina*) en Ecuador; los resultados indican que la combinación de tierra amarilla y cascarilla de arroz como sustratos y gel de sábila como enraizante natural, constituyen una alternativa a la hormona IBA para la propagación de esquejes de ficus en viveros (Alvarado Aguayo & Munzón Quintana, 2020).

Por último, en la ciudad de Florianópolis en Brasil para el año 2022 se realizó una investigación a nivel de micropropagación sobre la especie *Gaylussacia brasiliensis*, utilizando explantes – brotes de hojas como forma de propagación vegetativa; en este estudio se usaron también concentraciones bajas de la hormona TDZ para generar una mayor producción de plántulas en vivero y responder de esta manera a los requerimientos comerciales y de conservación de la especie (Fritsche , Stefenon, Lovato, & Guerra, 2022).

Con respecto a la reproducción vegetativa de Algarrobo (*Hymenaea Courbaril*) en Colombia, es muy escasa la información que se obtiene en base de datos, debido a que las investigaciones realizadas están enfocadas principalmente en la reproducción sexual, en la cual abordan diversos temas relacionados con tratamientos para el almacenamiento de semillas, procesos germinativos y planes de manejo y conservación. Sin embargo, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA), la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Corporación Colombiana de

Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) han sido unas de las entidades que se han encargado de aumentar y robustecer la información relacionada con la propagación asexual de especies endémicas y en grado de amenaza. CORANTIOQUIA (2007) realizó ensayos de macropropagación por microestacas de diomate de tierra fría (*Prumnopitys montana*), chaquiro (*Podocarpus oleifolius*), mortiño (*Vaccinium meridionale*) y amarrabollo (*Meriana nobilis*), y evaluó el efecto de diferentes concentraciones de ácido indol butírico (0,1000, 3000, 5000 ppm) sobre la capacidad de enraizamiento (CE) de cada especie. Se obtuvo como resultado para la especie *Prumnopitys montana* una CE del 95% a 0 ppm, para *Podocarpus oleifolius* una CE del 100% a 5000 ppm, para *Vaccinium meridionalis* una CE del 100% a 0 ppm y, por último, para *Meriana nobilis* una CE del 100% a 0 ppm. Por otro lado, se destacan algunas investigaciones relacionadas con el efecto de auxinas sobre el enraizamiento de estacas de agraz (*Vaccinium meridionalis Swartz*) en diferentes sustratos (Castrillón, Carvajal, Ligarreto, & Magnitskiy, 2008) y la propagación y diagnóstico de regeneración natural de algunas especies maderables empleadas por la comunidad indígena de Mocagua (Avella Muñoz & Rodríguez Robayo, 2005).

Dado el déficit de la información existente que se tiene acerca de la propagación asexual de especies en grado de amenaza, se hace necesario incrementar los espacios de investigación en relación a las técnicas de propagación asexual de especies forestales nativas específicamente de la región Orinoquía, ya que, por medio de estos estudios, se generaría información de gran interés tanto para los actores sociales como los institucionales acerca de los procedimientos técnicos de propagación de material vegetal, debido a que los protocolos de propagación que se establezcan podrían ser replicados por otro tipo de actores que les interese comercializar, restaurar, reforestar o conservar. Por ende, es importante evaluar el potencial de propagación asexual de especies forestales nativas específicamente del Algarrobo (*Hymenaea courbaril*), ya que, este tipo de investigaciones conducen al establecimiento de lineamientos que permitan la propagación de material vegetal de esta especie forestal nativa, lo cual es de particular importancia en el campo de la gestión de la biodiversidad.

4. Marco de referencia

4.1. Marco Teórico.

La reproducción asexual es una técnica que ha sido empleada desde hace miles de años por el ser humano con el fin de mejorar los cultivos (Landis, et al., 2012). Esta técnica de propagación se caracteriza por la presencia de un único progenitor, el cual da origen a otra planta idéntica mediante el procedimiento de mitosis (Kürn, Rendulic, Tiozzo, & Lauzon, 2011). En la reproducción asexual no existe la variabilidad genética debido a que no intervienen los gametos, por lo tanto, las plantas hijas son idénticas a su progenitor (Quizhpe Córdova & Sáenz Figueroa, 2010). A sí mismo, cabe mencionar que la reproducción asexual suele realizarse en plantas no vasculares, es decir, las que no posee tallos, vasos ni raíces que conduzcan la savia (Universidad Nacional de la Plata, 2018).

Existen varios métodos de propagación asexual de especies forestales, las cuales se pueden realizar por medio de esquejes, estacas, brotes, acodos e injertos (Quizhpe Córdova & Sáenz Figueroa, 2010). Aunque, los esquejes enraizados es el método más empleado para la producción y conservación de especies forestales, no asegura que sea una técnica de propagación vegetativa viable para todos los individuos, debido a que existen especies que presentan una capacidad de enraizamiento mayor, dependiendo de su clasificación en plantas herbáceas o leñosas (Landis, et al., 2012).

En un estudio realizado por Freire et al. (2020), se evaluó la propagación vegetativa de *Hymenaea courbaril* y *Apuleia leiocarpa* usando la técnica de miniesquejes con el uso del regulador de crecimiento de Ácido Indol Butírico -AIB. Se establecieron dos experimentos: el primero se realizó con las dos especies y se emplearon tres cortes (basal, intermedio y apical) en presencia y ausencia de AIB (4000 mg kg⁻¹) y tres fechas de evaluación. En el segundo experimento solo se evaluó la especie *Apuleia leiocarpa* utilizando los tres tipos de corte, cuatro concentraciones de AIB (0, 1000, 2000 y 4000 mg kg⁻¹) y tres fechas de evaluación. Se obtuvo como resultado que el AIB no tuvo una influencia significativa en la supervivencia ni en el

porcentaje de enraizamiento de los miniesquejes de *Apuleia leiocarpa*; sin embargo, las concentraciones utilizadas redujeron el número de raíces, longitud de raíz y masa seca. Por otra parte, se concluyó que la técnica de miniesqueje por corte basal resulta ser viable para la propagación vegetativa de *Apuleia leiocarpa*; sin embargo, para *Hymenaea courbaril* no fue exitosa en las condiciones de estudio, debido a que presentó solo un 40% de enraizamiento.

Por otro lado, existen diversos factores que pueden llegar a afectar la propagación asexual (esquejes) como lo son los factores intrínsecos, los cuales están relacionados con el estado funcional y fenológico de la planta y los factores extrínsecos, los cuales están relacionados con las condiciones ambientales del entorno (Schnorr Vargas, 2019). Entre los factores extrínsecos se encuentra el sustrato, el cual es uno de los componentes que puede influir directamente en la formación y calidad de las raíces (Fachinello, Hoffmann, Nachtigal, Kersten, & Fortes, 1995). Por lo cual se recomienda emplear un sustrato enraizador el cual cumpla con la demanda de nutrientes, aire y agua de la especie a propagar (Moreno N. , Álvarez Herrera, Balaguera López , & Fischer , 2009). Usualmente, se emplean sustratos ligeros y porosos como la fibra de coco, el aserrín, la vermiculita y el musgo, debido a que presentan una capacidad de retención de agua alta y a su vez, permiten el adecuado intercambio de oxígeno garantizando así un soporte ideal para el esqueje (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2004). Por otro lado, existen especies que presentan dificultad de enraizamiento, por lo que es de vital importancia mantener un balance hormonal entre inhibidores de iniciación radicular y promotores del crecimiento vegetal. Una alternativa es el uso de promotores de crecimiento vegetal, los cuales tienen como función modificar, inhibir o promover procesos fisiológicos y morfológicos de las plantas, un claro ejemplo es el de ácido indol butírico, el cual aumenta las concentraciones de auxinas en el esqueje (MELO, 2002).

En un estudio realizado por Rodrigues-Pereira (2017) se evaluó el efecto de 2 concentraciones de ácido indol butírico (0 y 4000 mg kg⁻¹) y de 3 tipos de cortes (apical, nodal y basal) sobre el enraizamiento y crecimiento de esquejes de plantas de *Hymenaea courbaril*. Los ensayos experimentales se realizaron en condiciones controladas con temperaturas entre 25°C y 30°C y humedad relativa superior del 60% en un periodo de 90 días. Se realizaron 3

evaluaciones de sobrevivencia y dos evaluaciones de enraizamiento, dando como resultado una disminución de supervivencia con el tiempo de 90%, 78,7% y 54,5% a los 30, 60 y 90 días respectivamente. A su vez, se concluyó que hubo una tasa baja de enraizamiento y formación de callos, independientemente del tipo de esqueje y la aplicación de IBA (Rodrigues Pereira, 2017).

4.2. Marco Conceptual.

- **Propagación asexual o vegetativa:** Esta técnica se caracteriza por la presencia de un único progenitor el cual se divide y da origen a nuevos individuos genéticamente idénticos mediante del proceso de mitosis. En la reproducción asexual no existe la variabilidad genética, debido a que no interviene los gametos, por lo tanto, las plantas hijas son idénticas a su progenitor (Kürn, Rendulic, Tiozzo, & Lauzon, 2011).
- **Esqueje:** El esqueje es uno de los métodos utilizados para propagación asexual, este se caracteriza por ser la parte apical de una rama, que puede presentar o no raíces preformadas. Este método consiste en separar de la planta origen un fragmento de rama el cual se coloca en determinadas condiciones favorables, con el fin de que emita raíces para formar un nuevo individuo (Quizhpe Córdova & Sáenz Figueroa, 2010).
- **Sustratos:** Se define como todo material sólido el cual puede ser de origen sintético, natural, inerte u orgánico, y puede ser empleado tanto en forma pura como en mezcla, dependiendo de los requerimientos de cada planta. Estos sustratos al ser empleados, permite el anclaje del sistema radicular, por lo cual desempeña un papel importante, ya que sirve de soporte para las plantas (Burés, 2010).
- **Enraizamiento:** Este término hace referencia al desarrollo de las raíces de las plantas durante todo su proceso de crecimiento. El enraizamiento es de gran importancia durante sus primeras semanas de siembra, debido a que las raíces se encargan de contribuir a la planta los nutrientes, soporte y agua las cuales son vitales para su óptimo desarrollo (Herogra Especiales, 2020).

- **Ácido indol-3-butírico:** Es un promotor de crecimiento vegetal, el cual tienen como función modificar, inhibir o promover procesos fisiológicos y morfológicos de las plantas a concentraciones muy bajas. Las dosis de aplicación son críticas para inducir el enraizamiento. Se emplea en la propagación asexual tanto en solución como en polvo y su aplicación se realiza en la parte inferior del esqueje de modo que el producto se adhiera en la superficie del corte (Quizhpe Córdova & Sáenz Figueroa, 2010).
- **Invernadero:** Se define como una estructura completamente aislada, cubierta por materiales transparentes, en la que internamente se pueden obtener condiciones artificiales de microclimas, con el fin de cultivar plantas en condiciones óptimas (Miserendino & Astorquizaga, 2014).

4.3. Marco Legal.

Tabla N°1. Normatividad ambiental relacionada con la conservación de especies vegetales nativas.

<i>Norma</i>	<i>Título</i>
Ley 99 de 1993 “Ley General Ambiental de Colombia”	En la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Regula el uso, manejo, aprovechamiento, conservación y recuperación de los recursos naturales con el fin de impedir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes o destructivas del entorno y a su vez, indica que debe conservar la vegetación nativa existente en el territorio nacional.
Ley 165 de 1994 “Convenio sobre la diversidad Biológica”	Por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”, realizada en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. El convenio de Diversidad Biológica propone medidas para la utilización sostenible de sus componentes y la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad.

Tabla N°1. Continuación

Decreto 2811 de 1974 “Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente”	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Este Decreto indica que se debe evitar la desaparición de especies de flora que por razones de orden biológico, genético o cultural deban perdurar entre ellas, además, resalta proteger las especies vegetales en peligro de extinción y promover el desarrollo y utilización de mejores métodos de conservación y aprovechamiento de flora.
Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)	Fue formulada en el año 2012 por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta política plantea un cambio importante en la forma de gestión de la biodiversidad, de manera que se mantenga y mejore la resistencia de los socios ecológicos tanto a escala nacional, regional y local.
Resolución 383 de 2010	Fue formulada en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.
Resolución 1912 de 2017	Expedida el 15 de septiembre del 2017 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 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. Actualmente el Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>) se encuentra en categoría de amenaza NT (casi amenazada según la UICN 2018).

5. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo, se realizó una división por fases de cada una de las actividades las cuales están definidas en orden cronológico de ejecución. A continuación, se describen cada una de las fases y respectivas actividades:

Fase N°1. Caracterización dasométrica y fitosanitaria de plantas para la obtención y selección de estacas y/o esquejes.

➤ **Actividad N°1. Selección e identificación de plantas para obtención de esquejes.**

Inicialmente se recopiló información primaria y secundaria de la especie de Algarrobo (*Hymenaea courbaril*), por lo cual se recurrió a distintas fuentes directas, en este caso a docentes, campesinos y empleadores de la empresa Bosques, Suelos y Aguas y a fuentes secundarias como documentos y base de datos, con el fin de obtener información acerca de la localización de individuos de Algarrobo dentro y fuera del perímetro urbano de la ciudad de Villavicencio.

Para tal efecto, se realizaron varias visitas de campo, con el fin de identificar individuos de la especie de Algarrobo (*Hymenaea courbaril*) en distintas localidades del departamento del Meta. En estas visitas de campo se ubicaron geográficamente los individuos de Algarrobo, los cuales se evaluaron posteriormente para su respectiva selección como árboles plus para la obtención de esquejes.

Seguidamente, se tomaron datos de las condiciones del sitio donde se ubicaron los individuos de Algarrobo (coordenadas geográficas, zona de vida y altura m.s.n.m. y posteriormente, se recolectaron datos dasométricos de los individuos, en los cuales se incluyeron variables tales como la altura total estimada, altura comercial y perímetro a la altura del pecho (CAP). Por consiguiente, se realizó la evaluación fenotípica y fitosanitaria de cada uno los individuos arbóreos previamente identificados en la cual se incluyeron características como la

altura de bifurcación, forma del fuste, diámetro de copa, forma de copa, grosor de las ramas, gambas o aletones y sanidad. La evaluación fenotípica y fitosanitaria se realizó por medio del protocolo elaborado por la empresa Bosques, Suelos y Aguas, la cual se titula “procedimiento para la identificación, selección y seguimiento fenológico de árboles semilleros y recolección de semillas y/o plantines” (**Anexo 1**).

➤ **Actividad N°2. Recolección de estacas y/o esquejes.**

En esta actividad se realizó la recolección de brotes de los individuos de Algarrobo (*Hymenaea courbaril*) previamente seleccionados como árboles parentales. Las ramas se colectaron por medio de la tijera desjarretadora y con tijeras podadoras se les realizó los cortes de 15 cm de largo en la parte apical, nodal y basal de la rama. Posteriormente, se defoliaron los esquejes en un 80 % y se envolvieron en papel absorbente húmedo con el fin de evitar su deshidratación previa al transporte. Por último, se guardaron en bolsas de polietileno para evitar la resequedad en el proceso de transporte y se empacaron en una cava para conservar la temperatura, la cual debe estar entre los rangos de 4°C y 10°C (**Anexo 4**). Los esquejes fueron trasladados al invernadero de la empresa Bosques, Suelos y Aguas donde posteriormente se realizaron los ensayos experimentales.

A cada esqueje se le realizó un corte recto en la parte inferior, esto con el fin de evitar que el sistema radicular se forme en un solo lado. Para ello se tuvo en cuenta la metodología utilizada por Solis et al (2015).

Fase N°2. Montaje de ensayos experimentales de propagación vegetal.

Se utilizó un diseño factorial completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 x 3, dando un total de 27 tratamientos. El primer factor corresponde a los tres tipos de sustratos que se emplearon (fibra de coco, corteza de pino con arena y turba), el segundo factor corresponde a los tres diferentes de corte (apical, nodal y basal) y el tercer factor corresponde a la aplicación de la hormona ácido indol butírico en tres diferentes concentraciones (0, 600 y 800 ppm). En este

caso, se realizaron 3 réplicas por cada tratamiento, para un total de 54 repeticiones, dando un total de 1.458 esquejes de algarrobo dispuestos en los ensayos.

Inicialmente se realizó la desinfección en 6 camas germinadoras de los tres sustratos empleados en el diseño experimental (fibra de coco, corteza de pino con arena y turba) con el fin de eliminar posibles hongos, insectos y bacterias que puedan afectar el crecimiento de los esquejes de Algarrobo. Se emplearon 15 gr del desinfectante Basamid por cada metro cúbico de tierra, dando como resultado, la aplicación de 90 gr de Basamid por cada cama germinadora. Posteriormente, se integró el sustrato con el Basamid y se humedeció en su totalidad. Luego la cama germinadora se tapó con plásticos durante un periodo de 4 días, con el fin de mantener la humedad y pasado este periodo de días, se abrió durante otros 4 días consecutivos, con el fin de dejarlo reposar. Finalmente, después de 8 días de este proceso, se logró obtener los sustratos desinfectados, los cuales fueron utilizados para el llenado de los tubetes (**Anexo 2**). Cabe mencionar que los tubetes pasaron por un proceso previo de desinfección (**Anexo 3**).

Por otro lado, se realizó la preparación de la solución madre para cada dosis de ácido indol butírico. En este caso se pesaron (0,6 g y 0,8 g) de la hormona sólida, y se empleó 1 litro de alcohol etílico al 96% para cada una de las dosis, dando como resultado dos concentraciones líquidas de 600 y 800 ppm. Una vez obtenida las concentraciones líquidas, se procedió a realizar el respectivo montaje, para lo cual se sometieron los esquejes a inmersión en las soluciones de IBA preparadas. Estas fueron sumergidas por un periodo de 3 segundos y posteriormente fueron sembrados en los respectivos tubetes forestales, en los cuales se introdujo 1/3 del esqueje en el sustrato enraizador. Posteriormente, se establecieron las canastas en el invernadero de la empresa Bosques, Suelos y Aguas con condiciones controladas de temperatura y humedad. Para la construcción de la metodología se tuvo en cuenta la utilizada por Solis et al (2015).

Las variables de respuesta como lo son la presencia de yemas, hojas y raíces se monitorearon durante 9 semanas consecutivas después de la instalación de los ensayos experimentales; la formación de callo o enraizamiento se verificó el último día del seguimiento o monitoreo al término de la semana 9. El porcentaje de formación de callos radiculares se obtuvo

dividiendo los esquejes con presencia de callos y los esquejes sembrados multiplicado por 100 (Solis et al, 2015).

Cabe resaltar que los ensayos experimentales se realizaron en condiciones controladas de invernadero con una humedad relativa 73% - Max 99% - Min 46%, temperatura 28°C – Max 35°C - Min 20°C y humedad por medio de microaspersión. La frecuencia de riego se realizó de acuerdo a las condiciones climáticas. En este caso, se empleó el uso de un termohigrómetro, el cual permitió el monitoreo diario de las condiciones de temperatura y humedad relativa del invernadero, por lo cual, se usó como referencia para los riegos, debido a que el invernadero no presentaba un sistema de riego automatizado.

Fase N°3. Análisis de resultados de los ensayos experimentales.

➤ Actividad N°1. Análisis estadístico.

En esta actividad se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Kruskal – Wallis, con el fin de determinar diferencias significativas en el número de yemas, hojas y brotes de cada uno de los tratamientos realizados. Los análisis se realizaron con el software de Microsoft Excel. Una vez determinadas la significancia estadística, se utilizó un Análisis Cluster o de Similitud/Disimilitud con el objeto de agrupar los tratamientos de acuerdo a las similitudes/diferencias en los valores de las variables de respuesta. Esto permitió la definición de los tratamientos con valores más altos de cada una de las variables de respuesta, lo cual fue asociado con la mayor efectividad de los tratamientos experimentales.

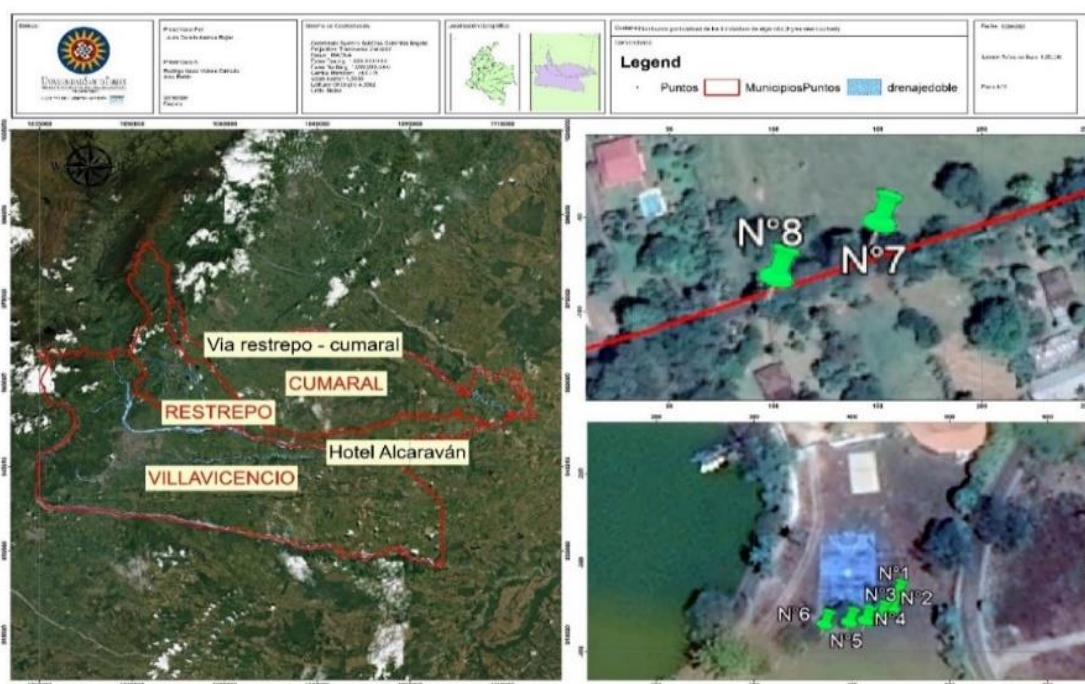
Actividad N°2. Protocolos de propagación asexual.

Con base a los resultados obtenidos de los tratamientos, se establecieron lineamientos técnicos para la creación de un protocolo de propagación asexual de la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril*).

Fase N°1. Caracterización dasométrica y fitosanitaria de plantas para la obtención y selección de estacas y/o esquejes.

Con base en la información obtenida por fuentes primarias (docentes y empleados de la empresa Bosques, Suelos y Aguas) y por fuentes secundarias (bases de datos de la empresa BSA y la aplicación iNaturalist), se logró dar con la identificación y ubicación de 8 individuos de Algarrobo (*Hymenaea Courbaril*), de los cuales 6 se encontraron distribuidos en el municipio de Villavicencio, exactamente en los predios del Hotel Alcaraván, ubicado en el km 31, vía Villavicencio – Puerto López, y 2 entre los municipios de Restrepo y Cumaral. Los individuos identificados tanto en el Hotel Alcaraván como en la vía antigua a Cumaral se caracterizaron por ser individuos jóvenes y sanos, los cuales poseen una edad promedio entre 8 a 15 años, A su vez, se trató de individuos que presentaron un buen estado fenológico y fitosanitario.

Figura N°2. Distribución por localidad de los 8 individuos de Algarrobo (*Hymenaea Courbaril*) identificados en el Hotel Alcaraván y en la vía antigua a Cumaral.



Por otra parte, en la **Tabla N°2** se consigna información acerca de las condiciones del sitio donde se ubicaron los 8 individuos de Algarrobo; en esta se incluye la ubicación, coordenadas geográficas y la altura m.s.n.m. A su vez, se registra información sobre datos dasométricos de los 8 individuos, en los cuales se incluye variables tales como la altura total estimada, altura comercial y perímetro a la altura del pecho (CAP).

Tabla N°2. Datos de condiciones del sitio y valores promedio de las variables de altura total (m), altura total estimada (m), altura comercial (m) y perímetro a la altura del pecho (m) de los 8 individuos de Algarrobo.

Número de individuos	Ubicación	Coordenadas geográficas	Altura m.s.n.m	Altura total estimada (m)	Altura comercial (m)	Perímetro altura pecho (CAP)
1	Hotel El Alcaraván	4° 5' 40" N 73° 21' 23" O	270	5,25	1,72	0,66
2		4° 5' 39" N 73° 21' 23" O				
3		4° 5' 39" N 73° 21' 24" O				
4		4° 5' 39" N 73° 21' 24" O				
5		4° 5' 39" N 73° 21' 24" O				
6		4° 5' 39" N 73° 21' 24" O				
7	Vía antigua a Cumaral	4° 16' 23" N 73° 31' 30" O	445	13,74	7,31	1,86
8		4° 16' 22" N 73° 31' 31" O				

El algarrobo es una especie que se caracteriza por crecer entre los 0 y 1200 m.s.n.m (Francis, 2015), por lo cual, es una especie que se acopla adecuadamente a las condiciones de altura del departamento del Meta. Como se puede observar en la tabla N°2, las alturas promedio para el Hotel El Alcaraván y la vía antigua a Cumaral cumplen con los rangos óptimos de crecimiento del Algarrobo, ya que estuvieron entre los 270 y 445 m.s.n.m, por lo cual es una altura ideal para el desarrollo de esta especie. Por otro lado, el algarrobo se caracteriza por

desarrollarse en suelos húmedos, profundos, fértiles y con buen drenaje (Francis, 2015). Por lo cual, se logra evidenciar que, a mayor altura sobre el nivel del mar, mayor serán los valores relacionados con la altura total, altura comercial y con el perímetro a la altura del pecho (CAP) dado que las condiciones climáticas son mejores al aumentar la altura m.s.n.m. Razón por la cual, los individuos ubicados en la vía antigua a Cumaral presentaron los valores promedio más altos en estas 3 variables, ya que los suelos presentes en esta zona poseen alta fertilidad y humedad (Rodríguez Parra, 2001).

En la **Tabla N°3** se ilustra la matriz que se empleó para realizar la evaluación fenotípica y fitosanitaria a cada uno de los individuos arbóreos previamente identificados; se incluyeron características como la pendiente del terreno, altura de bifurcación, forma del fuste, diámetro de copa, forma de copa, grosor de las ramas, gambas o aletones y sanidad. Además, se indican los porcentajes obtenidos por localidad para cada uno de los parámetros tomados en cuenta para la caracterización de los individuos de Algarrobo basados en el protocolo elaborado por la empresa Bosques, Suelos y Aguas, el cual se titula “Procedimiento para la identificación, selección y seguimiento fenológico de árboles semilleros y recolección de semillas y/o plantines”.

Tabla N°3. Matriz de evaluación de parámetros fenotípicos y fitosanitarios para caracterización de árboles parentales y porcentaje por localidad de las variables utilizadas para la caracterización de individuos de Algarrobo.

[illegible]

Tabla N°3. Continuación

GROSOR DE LAS RAMAS	Delgadas	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50
	Medianas	1	0	0	1	0	1	0	1	50	50
	Gruesas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMBAS O ALETONES	Ausencia	1	1	1	1	1	1	1	1	100	100
	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SANIDAD	Sano	1	1	1	1	1	1	1	1	100	100
	Enfermo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMATORIA TOTAL POR ÁRBOL		21	22	20	22	22	27	34	21		
CLASIFICACIÓN ÁRBOLES EVALUADOS		Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Excelente	Bueno		

Con relación al estado fenológico del Algarrobo, esta especie según Corantioquia (2009) presenta la floración en un periodo largo, el cual inicia entre los meses de febrero/marzo y se prolonga hasta el mes de junio. A su vez, se menciona que los picos más altos de floración corresponden a la época de mayor precipitación, la cual se presenta entre los meses de abril y mayo. Por otro lado, Corantioquia (2009) también menciona que el proceso de fructificación inicia durante el mes de abril y se prolonga durante todo el año, debido a que los frutos inician su etapa de madurez nueve meses después de su aparición y se comienzan a desprender dos o tres meses después de su etapa de madurez. Este estudio indicó que el 100% de los individuos ubicados en el hotel Alcaraván concuerdan con el estado fenológico de floración y fructificación del Algarrobo, en comparación con los individuos ubicados en la vía antigua a Cumaral, donde el 50% indicó que no existía relación con el estado fenológico, ya que presentaron caída de follaje durante los meses de fructificación.

Por otro lado, la altura de bifurcación es un parámetro de medición esencial el cual se realiza para determinar la altura comercial del individuo; esta se realiza midiendo la base del árbol desde el suelo hasta la altura donde emerge la primera rama (Bosques, Suelos y Aguas, 2022). Por lo cual, si un árbol presenta una bifurcación baja, menor será su altura comercial. Este estudio indicó que el 100% de los individuos ubicados en el hotel Alcaraván presentaron una bifurcación en el tercio superior y los individuos ubicados en la vía antigua a Cumaral no presentaron bifurcación; lo anterior se asocia al buen desarrollo de los individuos durante sus etapas iniciales.

Por otra parte, para la forma del fuste, el 16,7% de individuos ubicados en el hotel Alcaraván presentaron un fuste totalmente recto, el 33,3% una torcedura leve, el 16,7% una torcedura agua y el 33,3% un fuste muy torcido. Por otro lado, el 50 % de los individuos ubicados en la vía antigua presentaron una forma del fuste totalmente recto y el restante 50% una torcedura leve en su tronco.

Para la forma de la copa, el 83,3% de los individuos del hotel Alcaraván indicaron que presentan una copa pequeña en comparación con los individuos ubicados en la vía antigua a

Cumaral, donde el 50% presentaron una copa más densa; esto indica que los árboles ubicados en el hotel Alcaraván son individuos más jóvenes.

Respecto a los parámetros de gambas, aletones y sanidad, los individuos tanto del hotel Alcaraván como de la vía antigua a Cumaral presentaron una coincidencia del 100%, indicando que presentan un buen estado fitosanitario.

En la **Figura N°3** se ilustran los resultados obtenidos en relación a la evaluación fenotípica y fitosanitaria realizada para la población total muestreada de individuos de Algarrobo (en esta se indica la clasificación según su resultado).

Figura N°3. Valoración general del estado fenológico de la población muestreada de individuos de Algarrobo.



Según la **Figura N°3** el 25% de la población de *H. courbaril*, se encuentra clasificada en un excelente estado, lo cual indica que son individuos dominantes, que presentan muy buenas características como fuste recto, sin bifurcaciones, ramas delgadas y horizontales, y son árboles vigorosos y con un buen estado fitosanitario, por lo cual se conservan como árboles parentales para este estudio. Por otra parte, el 75% de la población de árboles de Algarrobo se encuentran categorizados en un buen estado, lo que significa que son árboles codominantes, que presentan

sinuosidades leves en el fuste o malas características de ramificación, por lo que se pueden conservar como árboles parentales en caso de no existan suficientes números para la realización de los ensayos.

En total, el 83,3% de los individuos ubicados en el hotel Alcaraván presentaron un buen estado fenológico y fitosanitario y el 16,7% restante un excelente estado. De igual manera, el 50% de los individuos ubicados en la vía antigua a Cumaral presentaron un buen estado fenológico y el 50% restante presentaron un excelente estado con muy buenas características como fuste recto, sin bifurcaciones, ramas delgadas y horizontales y son árboles vigorosos y con un buen estado fitosanitario.

Teniendo en cuenta lo anterior en relación a la clasificación de los individuos, se observa que los individuos con excelente estado se encuentran ubicados tanto en el Hotel Alcaraván como en la vía antigua a Cumaral, por lo cual se decidió tomar los individuos del Hotel Alcaraván como árboles parentales para la obtención de esquejes, debido a que en esta zona están ubicados la mayor cantidad de individuos; además, esta zona permite la facilidad en la recolección, corte y transporte de los esquejes.

Fase N°2. Efecto de las condiciones ambientales (humedad % y temperatura °C) en invernadero sobre la producción de yemas, hojas y callos radiculares.

De acuerdo con la literatura, las variables microclimáticas más importantes que se deben controlar en el invernadero para lograr obtener un excelente enraizamiento en esquejes, son la temperatura y la humedad relativa (Solis et al, 2015). La temperatura es el parámetro más relevante, debido a que incide directamente en el crecimiento y desarrollo de los esquejes (Solis et al.,2015); y se debe mantener entre los rangos de 20°C – 28°C. Por otra parte, la humedad es de gran importancia en los controles que se realizan en invernadero, debido a que el aumento de este parámetro puede llegar a favorecer la propagación de hongos o a su vez, disminuir el ritmo de crecimiento de los esquejes; ese parámetro debe mantenerse entre los rangos de 70% - 99% (Solis et al,2015).

Para lograr mantener las variables de temperatura y humedad relativa entre los rangos establecidos, es esencial contar con un óptimo sistema de riego automatizado, el cual facilite la hidratación de los esquejes. En este caso, el invernadero de empresa Bosques, Suelos y Aguas, no contaba con un sistema automatizado, por lo cual, se utilizó un termohigrómetro, el cual permitió el monitoreo diario de las condiciones de temperatura y humedad relativa, y brindó un panorama de las temperaturas críticas durante las 9 semanas de monitoreo. De esta manera, se logró identificar el rango de tiempo entre 9:30 am – 3:30 pm como el intervalo crítico de crecimiento dadas las altas temperaturas. En consecuencia, se realizaron riegos más frecuentes en estas horas críticas, con el fin de mantener la temperatura y humedad relativa en los rangos establecidos.

En las Figuras N°4 y N°5 se relacionan el número promedio de yemas producidas por los esquejes de Algarrobo durante las 9 semanas de monitoreo a escala de invernadero, con respecto a la temperatura (Figura No. 4) y a la humedad relativa (Figura No. 5) respectivamente.

Figura N°4. Relación del número total yemas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la temperatura, durante 9 semanas de monitoreo.

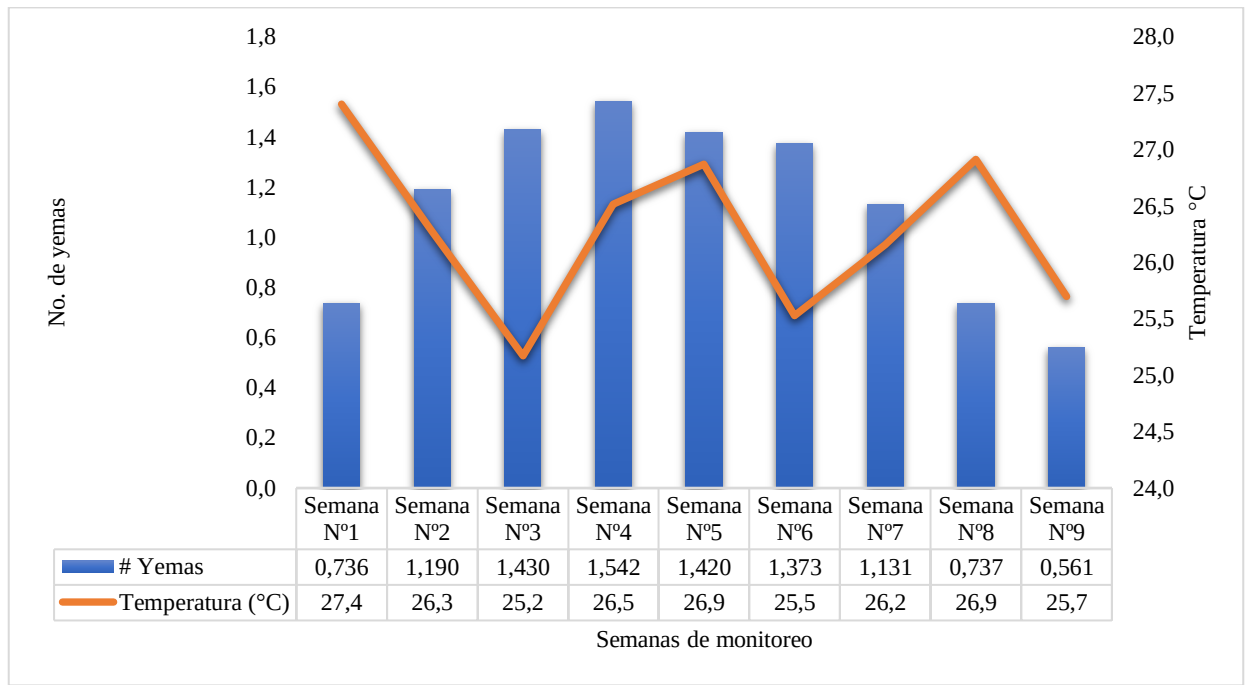
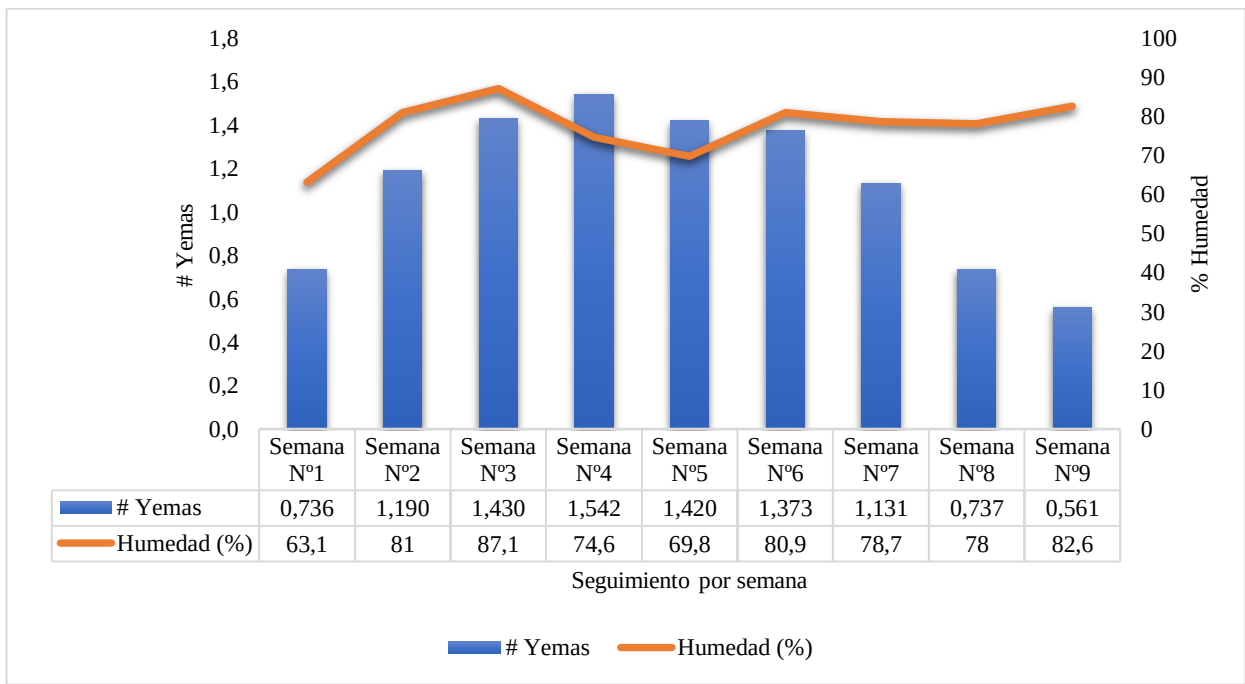


Figura N°5. Relación del número total yemas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la humedad relativa durante 9 semanas de monitoreo.



De acuerdo con las Figura No. 4 y No. 5 se logra evidenciar que el pico de brotes de yemas se genere entre la tercera y quinta semana con una temperatura inferior a los 26°C y una humedad relativa mínima del 85%. A su vez, se observa que entre la quinta y novena semana se presenta una disminución considerable en el número de brotes de yemas. Esta disminución de los brotes de yemas está probablemente asociada a la fase de transformación que presentan las yemas a hojas (más adelante en la Figura No. 9 se registra el aumento del número de hojas entre la quinta y novena semana de monitoreo).

Aunque en la quinta y octava semana se observa un aumento en la temperatura (entre las semanas 3-5 y 6-8), se concluye que este factor, al igual que la humedad, no influyen de manera típica en el número de yemas, ya que estas variables se mantuvieron relativamente constantes (a pesar de algunos picos de variación) durante el periodo de monitoreo (con rangos entre 20°C – 28°C de temperatura y entre los 70% - 99% de humedad).

En la Figura N°6 y Figura N°7 se relaciona el número promedio de hojas producidas por los esquejes durante las 9 semanas, con las variables de temperatura y la humedad relativa a escala de invernadero.

Figura N°6. Relación del número total hojas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la temperatura durante 9 semanas de monitoreo.

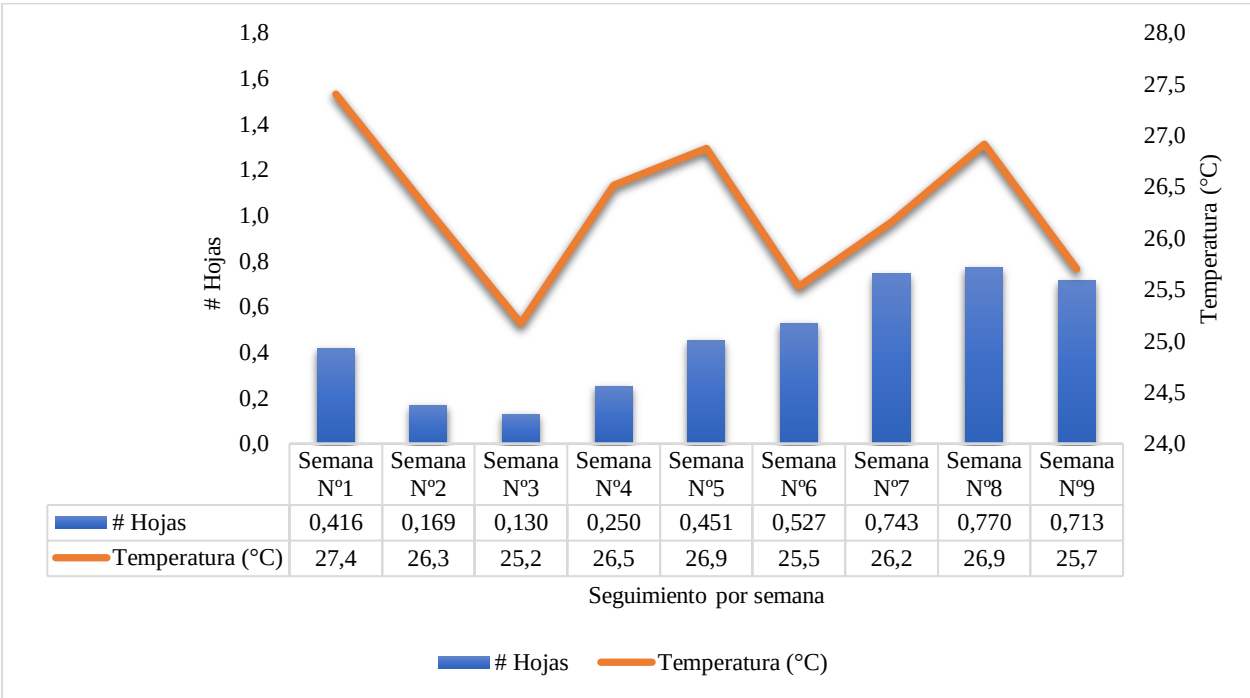
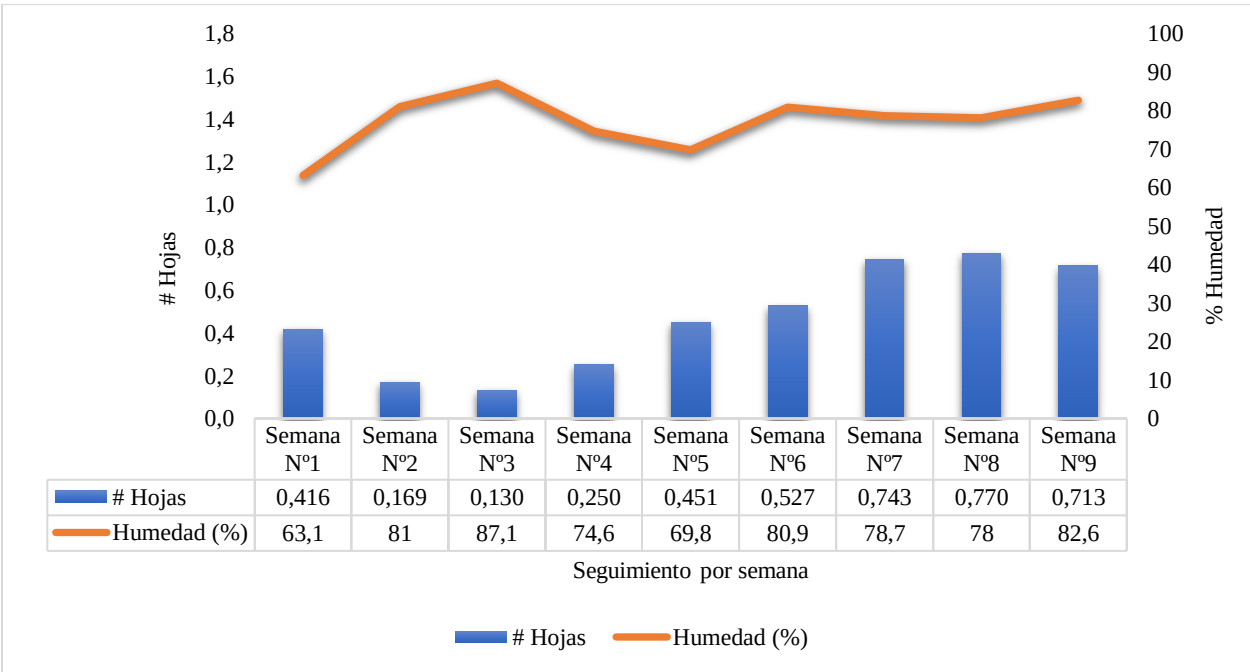


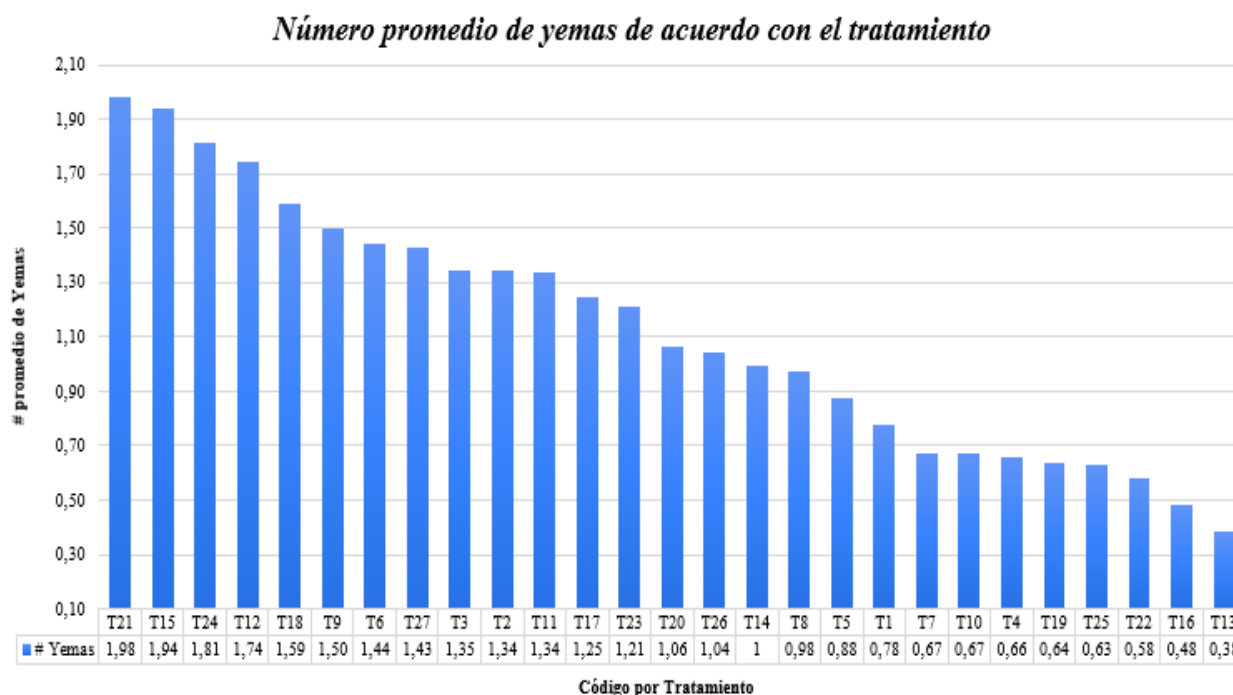
Figura N°7. Relación del número total hojas producidas por los esquejes de Algarrobo con respecto a la humedad relativa durante 9 semanas de monitoreo.



De acuerdo con las anteriores Figuras, se registra un incremento gradual en la producción de hojas; en las primeras semanas la producción de hojas es baja; esto se da debido probablemente a que el esqueje está proporcionando su energía y nutrientes en la producción de nuevas yemas, por lo cual, las hojas que presentan al momento de su corte y siembra, se desprenden y su producción disminuye. Por el contrario, en las últimas semanas de monitoreo, al disminuir la producción de yemas (Figuras No. 4 y No. 5), se restablece e incrementa la producción de hojas en los esquejes (Figuras No. 6 y No. 7); la planta redirige su metabolismo hacia la producción fotosintética nuevamente. En este caso, el pico de producción de hojas se genera entre la quinta y novena semana con una temperatura inferior de 27°C y una humedad relativa mínima del 85%.

En la **Figura N°8** y **Figura N°9** se relaciona el número promedio de yemas y hojas con los 27 tratamientos empleados en el estudio.

Figura N°8. Número promedio de yemas de acuerdo con 27 tratamientos experimentales realizados (en orden decreciente de magnitud).



En la **Figura N°8** se logra evidenciar que los tratamientos con mayor valor promedio en relación con la producción de brotes de yemas fueron los tratamientos T21, T15, T24, T12, T18 y T9 (ver **Anexo 5**). Estos tratamientos presentaron relación solo con el tipo de corte basal, por lo cual se deduce que las concentraciones de hormona IBA (testigo, 600 ppm y 800 ppm) y los sustratos empleados (fibra de coco, corteza de pino con arena y turba) posiblemente no influyeron en la producción de yemas. Por otro lado, los tratamientos T19, T25, T22, T16 Y T13 fueron los que presentaron un menor valor promedio en relación con la producción de yemas. Estos tratamientos están relacionados con el tipo de corte apical, por lo que se deduce que este tipo de corte posiblemente no es viable para realizar propagación asexual para esta especie de planta.

Figura N°9. Número promedio de hojas de acuerdo con 27 tratamientos experimentales realizados (en orden decreciente de magnitud).



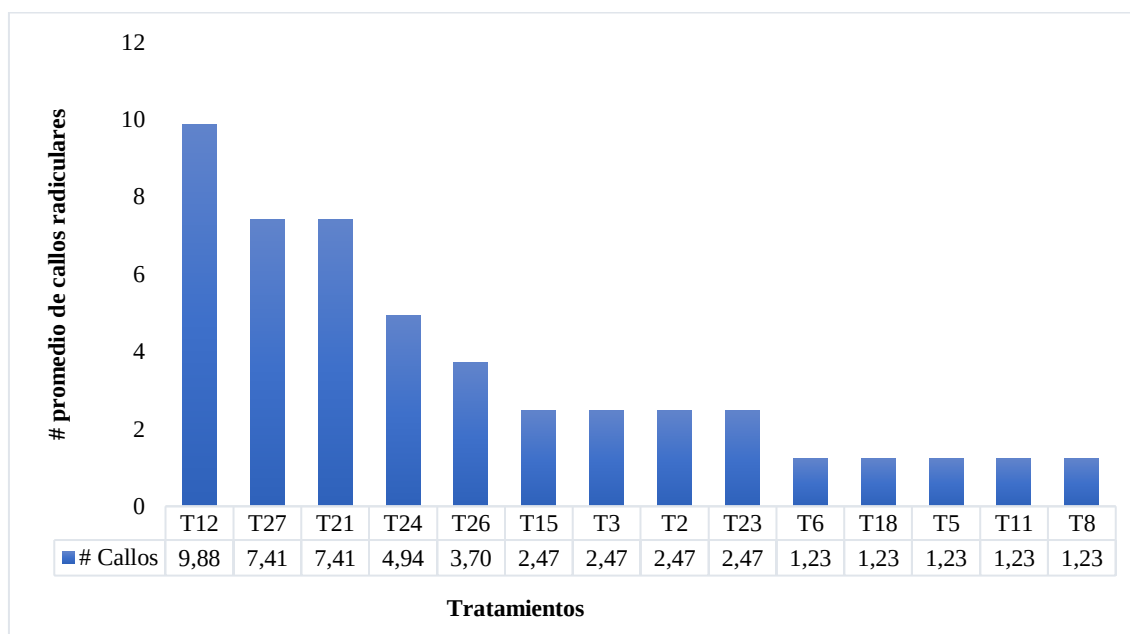
En la **Figura N°9** se observa que los tratamientos que indicaron mayor efectividad en relación con la producción de hojas fueron los tratamientos T24, T27, T21, T3, T6 y T15 (ver **Anexo 5**). En ambas figuras, todos los tratamientos con valores promedio altos, estuvieron asociados con el tipo de corte practicado (Basal), mientras que el tipo de sustrato usado para el crecimiento del esqueje y la aplicación de diferentes dosis de hormona, estuvieron distribuidos

de manera irregular –no homogénea, entre los tratamientos relacionados. Por lo que se considera que las distintas concentraciones de hormona y sustratos no influyeron en la producción de yemas y hojas.

Por otro lado, se evidencia que los tratamientos T22, T13, T11, T4 Y T19 fueron los que indicaron resultados con menor producción de hojas. Estos tratamientos de igual manera están relacionados con el tipo de corte apical, por lo que se deduce que el mejor corte para realizar propagación asexual posiblemente sea el basal. Es factible asumir que el mayor contenido de reservas alimenticias, necesarias para la producción de yemas, hojas y formación callo radicular, se presenta en los cortes basales y no en los cortes apicales de los esquejes. Por esta razón, los esquejes con cortes basales fueron más exitosos en la producción tanto de yemas como de hojas en los tratamientos experimentales realizados.

En la **Figura N°10** se relaciona el número promedio de callos radiculares con los 27 tratamientos empleados en el estudio (distribuidos en orden decreciente de magnitud).

Figura N°10. Número promedio de callos radiculares de acuerdo con 27 tratamientos experimentales realizados (en orden decreciente de magnitud).



En la **figura N°10** se evidencia que los tratamientos que indicaron mayor producción en callos radiculares fueron los tratamientos T12, T27, T21, y T24. Estos tratamientos también presentaron relación solo con el tipo de corte basal, por lo cual se deduce que las concentraciones de hormona y los sustratos empleados, distribuidos de manera no homogénea entre estos tratamientos, posiblemente no influyeron en la producción de callos radiculares.

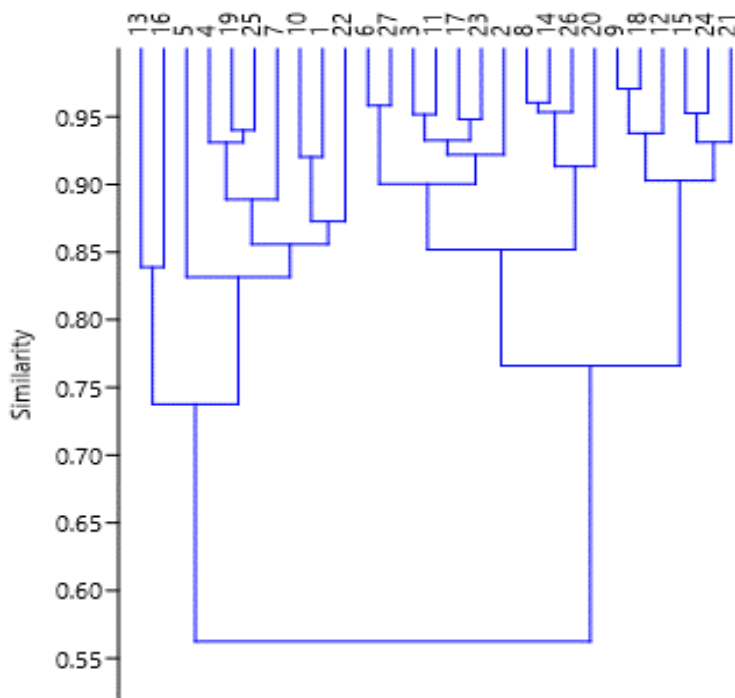
Del total de esquejes monitoreados, solo el 3,53% presentaron callosidades en la zona inferior de la corteza durante la novena y última semana de seguimiento. Sin embargo, es factible asumir que, a partir de la novena semana, continúe incrementándose la formación de callos radiculares que conduzcan al enraizamiento completo del esqueje. Los esquejes inicialmente tienden a producir yemas y por consiguiente hojas, las cuales se utilizan para poder alimentarse y obtener energía la cual es empleada para la formación de raíces (Aliaga Pérez, 2009). Por tanto, se considera factible asumir que, de haberse continuado el monitoreo en el tiempo, se hubiera incrementado el grado de enraizamiento de los esquejes.

Fase N°3. Análisis estadístico de los ensayos experimentales.

De acuerdo con el Análisis de Varianza ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedio/semana del número de yemas entre los 27 tratamientos (K-W= 60,88, g.l.=7, $p=3.1 \times 10^{-10}$).

Con el objeto de establecer cuáles de los 27 tratamientos experimentales presentan mayores diferencias y/o similitudes en los valores del número promedio de yemas, se realizó un Análisis Cluster (Agrupamientos) o Análisis de Similitud/Disimilitud empleando el software PAST vers. 4.0. Para tal efecto, se empleó el algoritmo del índice de Bray-Curtis y el método de agrupamiento de Grupos Pareados -UPGMA el cual indica la relación entre los diferentes tratamientos empleados por conglomerados. Como resultado se obtuvo el Dendrograma de similitud ilustrado en la Figura No. 11.

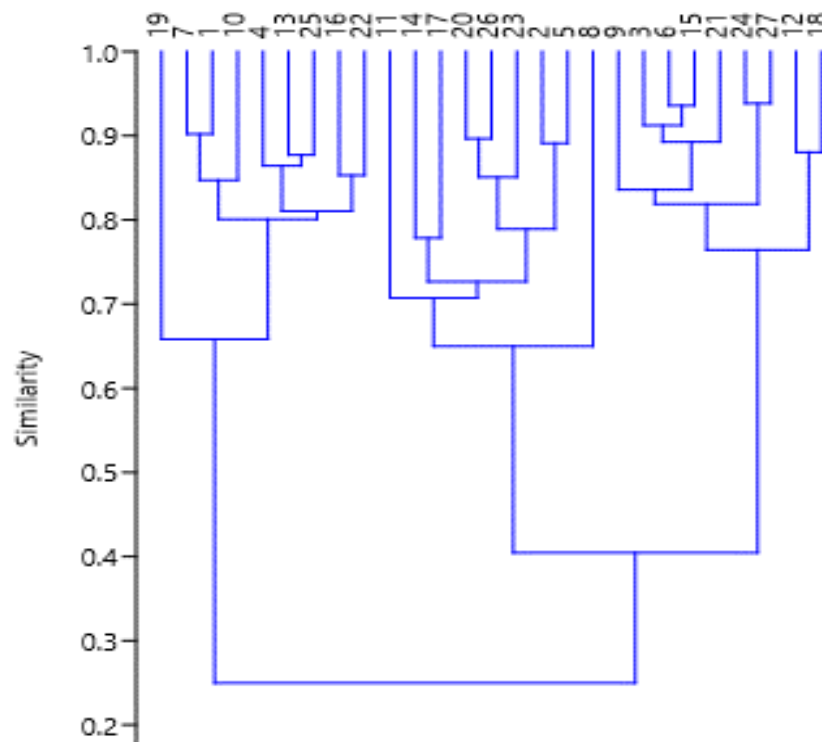
Figura N°11. Dendrograma de similitud entre los 27 tratamientos de acuerdo con el número promedio de yemas en esquejes (índice de Bray-Curtis y método de agrupamiento UPGMA).



En el dendrograma de la **Figura N°11** se diferencian 3 grupos de acuerdo a los valores de similitud reportados: El Grupo I está conformado por los tratamientos T9, T18, T12, T15, T24 y T21; este grupo presentó el mayor valor promedio entre los tratamientos, lo cual se asocia en este estudio con la mayor eficiencia en la producción de yemas. Todos los 6 tratamientos anteriores tuvieron como común denominador el ser producto de un corte basal del esqueje. Aparentemente el tipo de sustrato utilizado (turba, coco y corteza de pino) no influye en la eficiencia del tratamiento dado su distribución no uniforme entre los 6 tratamientos mencionados. De igual manera se infiere que la concentración de hormona aplicada (0, 600 y 800 ppm) tampoco influye en la eficiencia del tratamiento, dado que, al igual que el tipo de sustrato, estuvo representada de manera no uniforme entre los 6 tratamientos mencionados. Se concluye entonces que, aparentemente el corte basal del esqueje fue el factor de prueba con mayor influencia en el desarrollo de yemas en esta especie de planta.

Por otro lado, según ANOVA, también se encontraron diferencias significativas entre los 27 tratamientos según el número promedio de hojas discriminado por semana durante todo el periodo de monitoreo (ANOVA, K-W= 24,62, g.l.=7, $p= 0.0018$). En la Figura No. 12 se ilustra el dendrograma de similitud/disimilitud entre los 27 tratamientos experimentales de acuerdo con la producción de hojas.

Figura N°12. Dendrograma de similitud entre los 27 tratamientos de acuerdo con el número promedio de hojas en esquejes (índice de Bray-Curtis y método de agrupamiento UPGMA).



En el dendrograma de la **Figura N°12** se diferencian 3 grupos de acuerdo a los valores de similitud reportados según el número de hojas: El Grupo I está conformado por los tratamientos T9, T3, T6, T15, T21, T24, T27, T12, y T18; este grupo presentó el mayor valor promedio entre los tratamientos, lo cual se asocia en este estudio con la mayor eficiencia en la producción de hojas en los esquejes. Todos los 9 tratamientos anteriores tuvieron como común denominador el ser producto de un corte basal del esqueje. Aparentemente el tipo de sustrato utilizado (turba, coco y corteza de pino) no influye en la eficiencia del tratamiento dado su distribución no uniforme entre los 9 tratamientos mencionados. De igual manera se infiere que la concentración de hormona aplicada (0, 600 y 800 ppm) tampoco influye en la eficiencia del tratamiento, dado que, al igual que el tipo de sustrato, estuvo representada de manera indiferente entre los 9 tratamientos mencionados. Se concluye entonces que, aparentemente el corte basal del esqueje fue el factor de prueba con mayor influencia en el desarrollo de hojas, (y también de yemas) en esta especie de planta.

7. Discusión de resultados

Algunos autores que han trabajado en la propagación asexual de plantas por medio de esquejes, han establecido la asociación entre la ontogenia de células en masa denominadas “callos radiculares” con la posterior formación de raíces adventicias (Gutiérrez-Rodríguez et al, 2016); aparentemente estas estructuras canalizan la absorción de nutrientes potenciando el posterior enraizamiento.. En este estudio, aunque en una baja proporción, se registró la formación de callos en los esquejes de Algarrobo. Aunque no se estableció de manera concluyente dado que el monitoreo fue realizado solo hasta la semana 9, se propone que esta formación de callos puede constituir una etapa preliminar en la generación de raíces adventicias en el Algarrobo.

La técnica de propagación por cortes de esquejes de hojas ha sido utilizada exitosamente en la propagación de algunas plantas de cultivo como la papa y yuca (CIAT, 1983); sin embargo, cuando se han utilizado cortes de esquejes semileñosos (como por ejemplo en árboles de aguacate y cedro) se han generado niveles moderados de enraizamiento. En este estudio la formación de callos en los esquejes semileñosos de algarrobo podría eventualmente conducir al enraizamiento del mismo (de manera similar al aguacate y cedro), aunque esto es una hipótesis que podría ser comprobada en posteriores investigaciones sobre el algarrobo.

Algunos autores han establecido que la aplicación de fitohormonas en esquejes de algunas especies de plantas ha sido adecuada para generar la emisión de raíces y aumentar su longitud (Moreno et al, 2009). También se ha establecido que para lograr el enraizamiento se hace necesario generar un equilibrio entre los factores promotores y los inhibidores de la aparición de raíces; esto se puede lograr con la aplicación de hormonas como el ácido indolbutírico, que incrementan la concentración de auxinas en los esquejes (Moreno, et al, 2009).

Para el enraizamiento es necesario un balance hormonal entre promotores e inhibidores de iniciación radicular (Pasqual et al., 2001), lo cual se puede lograr con la aplicación exógena de promotores como ácido indolbutírico (AIB) que elevan la concentración de auxinas en el

tejido (Hinojosa, 2000), en este caso, del esqueje. En este estudio no se registró una mayor producción de yemas, hojas y callos radiculares con la inmersión de los esquejes en 600 y 800 ppm de auxinas; esto es, no se detectó un aumento lineal en la producción de yemas, hojas y callos radiculares a medida que se aumentó la concentración de AIB. La iniciación de raíces necesita de reservas nutritivas almacenadas y de una acumulación de hormonas de enraizamiento (auxinas endógenas) (Ryugo, 1993). Es factible entonces que en este estudio las estacas de Algarrobo ya dispongan de ciertas cantidades de auxinas endógenas y que la aplicación exógena que se hizo en los ensayos, no generara o generara una baja formación de callos y posteriormente de raíces adventicias. Sin embargo, esta hipótesis requeriría de un monitoreo mayor de 9 semanas para su comprobación.

En este estudio tampoco se detectó una relación entre la producción de hojas, yemas, y callos radiculares, tanto con la producción de auxinas como con la aplicación de diferentes sustratos de siembra de los esquejes (turba, fibra de coco, corteza de pino). Algunos estudios han revelado que el sustrato turba proporciona una mayor aireación a las raíces para que aumenten su crecimiento; además la captación de agua se incrementa, lo que puede conllevar a la formación de nuevos tejidos y a la biosíntesis de auxinas que irían a promover un mayor crecimiento de la planta (Alvarez-Herrera et al., 2017). En este estudio y dado que la producción de hojas, yemas y callos fue indiferente del tipo de sustrato utilizado, es factible inferir que los 3 sustratos empleados proporcionan un contenido inicial adecuado de nutrientes, alta retención de humedad y una adecuada aireación y porosidad necesaria para el desarrollo de esquejes de Algarrobo.

8. Conclusiones

Bajo las condiciones experimentales de este estudio, se establece que:

La aplicación del ácido indol 3 butírico no favorece la propagación asexual del Algarrobo mediante esquejes.

El aumento en la concentración de ácido indol butírico AIB hasta 800 ppm no incrementa la rizogénesis expresada en este estudio como porcentaje de callos radiculares; tampoco se registraron evidencias del crecimiento del tallo de los esquejes durante las 9 semanas de monitoreo.

Tampoco se obtuvo evidencia de un sustrato óptimo que favoreciera la propagación de los esquejes de Algarrobo. No se registraron evidencias de que el tipo de sustrato optimizara el efecto de las auxinas en los esquejes de Algarrobo.

En este estudio el corte basal de los esquejes es el más adecuado para la formación de callos radiculares en el Algarrobo.

La propagación por cortes apicales de los esquejes muestra un bajo potencial para la propagación del Algarrobo.

Los esquejes derivados de los stocks utilizados en este estudio se propagan relativamente bien en vivero; sin embargo, la tasa de formación de callos radiculares promotores del enraizamiento posterior fue relativamente baja.

9. Recomendaciones

Se requieren estudios posteriores para evaluar el impacto de diversos factores biológicos, químicos y físicos sobre la formación de callos radiculares y el posterior enraizamiento adventicio de los esquejes de Algarrobo.

Se requiere un mayor tiempo de monitoreo de los esquejes para completar la relación entre la formación de callos y el enraizamiento de los esquejes.

La propagación del árbol de Algarrobo debe enfatizar el uso de cortes basales de los stocks de plantas maduras, lo cual tendría una gran importancia práctica para la producción en masa de esta especie con fines de reforestación – restauración.

La selección de cortes basales de esquejes con un puñado de hojas verdes, obtenido de un stock deseable de árboles maduros, constituye una oportunidad para el establecimiento de clones derivados de árboles élite maduros con atributos deseables desde lo biológico y lo económico.

Valuación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de Ficus Benjamina

10. Bibliografía

- Aliaga Pérez, M. J. (2009). *Efecto de bioestimulantes en la formación de callos de Haplorhus Peruviana Engl. para la propagación*. Huancayo, Perú. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2567/Aliaga%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarado Aguayo, A., & Munzón Quintana, M. (2020). Valuación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de Ficus Benjamina. *Agronomía Costarricense*, 1-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7252366>
- Avella Muñoz, A., & Rodriguez Robayo, K. (11 de 2005). *Propagación y diagnóstico de regeneración natural de algunas especies maderables empleadas por la comunidad indígena de Mocagua (Parque Nacional Natural Amacayacu. Amazonas - Colombia)*. Bogotá, Colombia: Colombia Forestal. Vol. 9, 1-18. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/3045/4401>
- Bosques, Suelos y Aguas. (20 de Abril de 2022). *Procedimiento para la identificación, selección, seguimiento fenológico de árboles semilleros y recolección de semillas y/o plantines*. Villavicencio, Colombia.
- Browne, R., Davidson, C., & Enns, S. (2000). Improvements in asexual multiplication procedures for jack pine (*pinus banksiana*). *New Forests*, 259 - 278. <https://doi.org/10.1023/A:1006797705238>
- Burés, S. (2010). *Curso de gestión de viveros forestales*. Obtenido de Curso de gestión de viveros forestales: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_i_curso_de_gestion_de_viveros_forestales/80-373/7_manejo_de_sustratos.pdf
- Castrillón, J. C., Carvajal, E., Ligarreto, G., & Magnitskiy, S. (2008). *El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (Vaccinium meridionale Swartz) en diferentes*

- sustratos. Bogotá, Colombia: Agronomía Colombiana. Vol. 26, 1-7.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13912/14627>
- Corantioquia. (abril de 2009). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación*. Medellín, Colombia. Retrieved from https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/fenologiaII_Oct28.pdf
- Cormacarena. (2006). Por el cual declara como Area de recreacion el humedal urbano el charco. *Acuerdo*. Villavicencio. Retrieved from <https://runapadmin.parquesnacionales.gov.co/default/general/descargardocumento?did=401>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2004). *Propagación asexual de plantas*. Bogotá: Produmedios. Retrieved from https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17056/41359_27553.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Debes, M., Arias, M., Grellet - Bournonville , C., Wulff, A., Martínez - Zamora , M., Castagnaro, A., & Díaz - Ricci, J. (2011). White-fruited duchesnea indica (Rosaceae) is impaired in ANS gene expression. *American Journal of Botany*, 98(12), 2077 - 2083. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22130272/>
- Congreso de la República de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974. *Por la cual se dicta el Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente*. Obtenido de Función pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551#:~:text=%2D%20El%20Gobierno%20procurar%C3%A1%20evitar%20o,all%C3%A1%20de%20la%20jurisdicci%C3%B3n%20territorial>.
- Fachinello, J., Hoffmann, A., Nachtigal, J., Kersten, E., & Fortes, G. (1995). Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. *Scienceopen*, p. 179. <https://www.scienceopen.com/document?vid=ae8772e6-6e6d-4f39-9a4c-4d3d81dea584>

Francis, J. (2015). *Hymenaea courbaril* L. 1 - 5.
https://rngr.net/publications/arboles-de-puerto-rico/hymenaea-courbaril/at_download/file

Fritsche, Y., Stefenon, V., Lovato, P., & Guerra, M. (2022). TDZ induces a dual morphogenetic pathway on leaf explants of the beach huckleberry – *Gaylussacia brasiliensis*. *South African Journal of Botany*, 145, 468 - 472.
<https://www-sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S025462992200093X>

Guillen Mena, V., & Orellana, D. (2016). The influence of urban trees to reduce the level of Pollution and achieve climate comfort. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 75.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25558>

Hernández, E. (25 de Febrero de 2022). *La invasión de Rusia a Ucrania dispara hasta 180% el precio de los fertilizantes*. Obtenido de Forbes:
<https://www.forbes.com.mx/invasion-rusia-ucrania-dispara-precio-fertilizantes/>

Herogra Especiales. (14 de abril de 2020). Obtenido de Herogra Especiales:
<https://herograespeciales.com/la-importancia-del-buen-enraizamiento/>

Instituto Von Humboldt. (Marzo de 2020). Obtenido de
<http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/1489-en-colombia-mas-de-la-mitad-de-sus-ecosistemas-se-encuentran-en-riesgo#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Evaluaci%C3%B3n,que%20va%20en%20constante%20aumento.>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Obtenido de IDEAM:
[http://www.ideam.gov.co/documents/10182/113437783/Presentacion_Deforestacion2020_SMBByC-IDEAM.pdf/8ea7473e-3393-4942-8b75-88967ac12a19#:~:text=Para%20el%20a%C3%B1o%202020%3A%2012.939,54%25%20del%20total%20nacional\).&text=El%2022%2C4%25%20\(38.449,Deforestac](http://www.ideam.gov.co/documents/10182/113437783/Presentacion_Deforestacion2020_SMBByC-IDEAM.pdf/8ea7473e-3393-4942-8b75-88967ac12a19#:~:text=Para%20el%20a%C3%B1o%202020%3A%2012.939,54%25%20del%20total%20nacional).&text=El%2022%2C4%25%20(38.449,Deforestac)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (8 de febrero de 2022). Obtenido de IDEAM:

- <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>
- Ipinza Carmona, R. (1998). Métodos de selección de árboles plus. *ResearchGate*, 1-24. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/89052/mod_resource/content/1/Ipinza%20%C3%A1rboles%20plus.pdf
- Landis, T., Tinus, R., McDonald, S., Barnett, J., Nisley, R., & Rodríguez Trejo, D. (2012). *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor*. https://rngr.net/publications/ctnm/espanol/volumen-uno/PDF.2004-07-16.1323/at_download/file
- Corte Constitucional de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. *Convenio sobre la diversidad biológica*. Obtenido de Minambiente: <https://test-www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2020/06/Ley-165-de-1994.pdf>
- Ley general ambiental de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de https://pruebaw.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf
- Melo, N. (2002). Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. 1-18. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/135451/introducao-aos-hormonios-e-reguladores-de-crescimento-vegetal>
- Meza, M., González, T., Armenteras, D., Ramírez Delgado, J., Cabrera Montenegro, E., Galindo García, G., & Yepes Quintero, A. (2018). *Causas de degradación forestal en Colombia*. Obtenido de IDEAM: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023781/Causas.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/estado-de-los-recursos-naturales/item/646-pngibse>

- Miserendino, E., & Astorquizaga, R. (2014). *Agricultura*. obtenido de Agricultura: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_eefesquel_invernaderos_estructura_construccioncondiciones_ambientales_2014.pdf
- Moreno, N. H., Álvarez Herrera, J. G., Balaguera López, H. E., & Fischer, G. (6 de noviembre de 2009). Propagación y cultivo de tejidos. *Propagación asexual de uchuva (physalis peruviana L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina*. Bogotá, Colombia. Vol. 2, 1 - 8. <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n3/v27n3a07.pdf>
- Moreno, N., Álvarez Herrera, J., Balaguera López, H., & Fischer, G. (2009). Propagación asexual de uchuva a (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. *AgroCol*. Vol. 2, 1-8. <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n3/v27n3a07.pdf>
- Muller Freire, J., Nakamura Veríssimo, L., Rodrigues Pereira, B., Costa Rouws, J., & Arthur Junior, J. (2020). Vegetative propagation of *Hymenaea Courbaril* l. And *Apuleia Leiocarpa* (vogel) j. F. Macbr. By mini-cutting. *Scielo*, 1-12. <https://www.scielo.br/j/rarv/a/jmkRtsmPVz67Nf3CMK8QYJs/?lang=en&format=pdf>
- Negash, L., & Berhe, D. (1998). Asexual propagation of *Juniperus procera* from Ethiopia: a contribution to the conservation of African pencil cedar. *Forest Ecology and Management*, 1-12. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00327-2
- Oliva, C., & López, A. (2005). Efecto del ácido naftalenacético, en el enraizamiento de estacas de *myrciaria dubia* (hbk) mc vaugh, camu camu. 1-7. <https://doi.org/10.24841/fa.v14i2.146>
- Quizhpe Córdova, M., & Sáenz Figueroa, H. (2010). Ecología forestal. *Experiencias de propagación asexual en especies forestales en la provincia de Loja*. Loja, Ecuador. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/346/1/EXPERIENCIAS%20DE%20PROPAGACION.pdf>
- Red de desarrollo sostenible. (2014). Obtenido de Red de desarrollo sostenible: <https://www.rds.org.co/es/novedades/las-historias-detras-de-los-piedemontes-colombianos>

- Rocha, S., & Ramírez, C. (2017). Efecto genotipo y manejo de la planta madre en la capacidad de enraizamiento para propagación de cedrela fissilis (Cedro Misionero). *Yvyrareta*, 1-9. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/2658>
- Rodrigues Pereira, B. (2017). *Propagação vegetativa de hymenaea courbaril (jatobá) por meio da estaquia*. Brasil. [Tesis de posgrado, Universidad federal do Rio de Janeiro]. Repositorio. http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/5276/1/Monografia_beatriz.pdf
- Rodriguez Parra, A. J. (diciembre de 2001). *Mapa geologico del departamento del Meta*. Bogotá, Colombia. <https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040020451/documento/pdf/0101204511101000.pdf>
- Schnorr Vargas, A. J. (2019). Efecto de los factores intrínsecos y extrínsecos de manzana (princesa and terpenes) sobre sus propiedades fitoquímicas (fenoles y terpenos) en el huerto “tiquipaya”. *Orbis Tertius*, 1-30. <https://www.biblioteca.upal.edu.bo/htdocs/ojs/index.php/orbis/article/view/31>
- Schoffen, C., Martinez, M., Conti, P., Franco, M., & Ayala, L. (2014). Propagación clonal de *Peltophorum dubium* (caña fistola), *Myrocarpus frondosus* (incienso), y *Cordia trichotoma* (peteribi) para su conservación y domesticación. *Yvyrareta*, 1-8. <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/5276>
- Solís, C., Jiménez, V., & Arias, J. (2015). Propagación asexual de azul de mata (*Justicia tinctoria* (Oerst.) DN Gibson, fam. Acanthaceae) por medio de estacas. Costa Rica. [Tesis de posgrado, Universidad de Costa Rica]. Repositorio. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2510/1/36941.pdf>
- Universidad Nacional de la Plata. (marzo de 2018). *UNALP*. Obtenido de UNALP: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/51/33751/3cd2590b7da51ba898e5d33639a3c6a1.pdf>

Villa , F., Stumm, D., Da Silva, D., Menegusso , F., Ritter, G., & Kohler, T. (2018). Rooting of black raspberry with plant growth regulator. 48, 3. doi: 10.1590/0103-8478cr20161023

World Wildlife Fund (WWF). (05 de agosto de 2020). Obtenido de WWF: <https://www.wwf.org.co/?299073/12-especies-plantas-amenazadas-colombia-biodiversidad>

Yoon, A., Park, J., Eui Oh, H., & Park, Y. (2022). Light intensity and rooting substrates are important for rooting growth and development of *Zabelia tyaihyonii* cuttings. *ELSEVIER*, 1-4. doi: 10.1016/j.rhisph.2021.100467

11. Anexos

• Anexo 1.

Tabla N°4. Criterios para evaluar árboles semilleros.

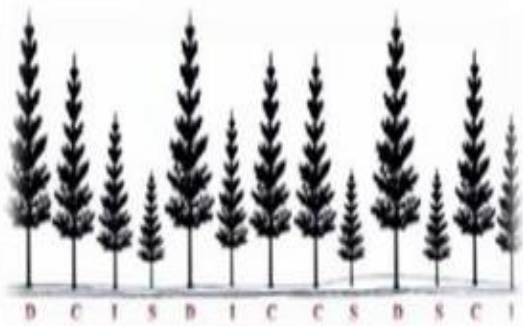
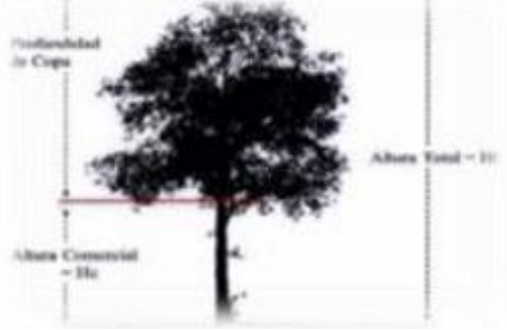
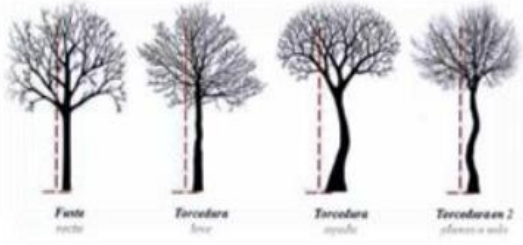
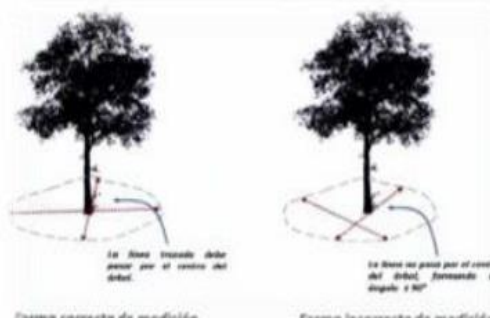
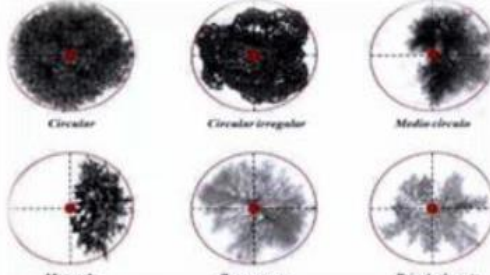
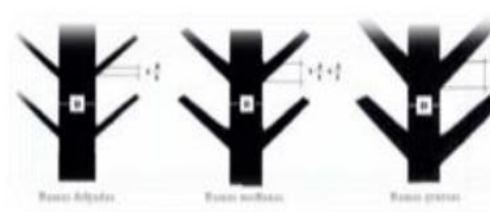
Altura Total: Registrar en el formato la altura total estimada del árbol, es decir la altura considerada desde la superficie del suelo hasta el extremo de la yema terminal del fuste (final de la copa). Con este parámetro se establece si el árbol es Dominante (D), Codominante (C), Intermedio (I), o Suprimido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

Tabla N°4. Continuación

Diámetro de Copa: Su medición se realiza en direcciones perpendiculares, midiendo la longitud más larga de borde a borde de la copa. El valor a registrar será el promedio de las 2 medidas antes mencionadas y se le clasifica de la siguiente forma: Copa vigorosa = diámetro mayor medido. Copa promedio = diámetro entre límites mayor y menor. Copa pequeña: diámetro menor medido.	 La línea trazoada debe pasar por el centro del árbol. La línea se pasa por el centro del árbol, formando un ángulo a 90°. Forma correcta de medición Forma incorrecta de medición
Forma de Copa: 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.	 Circular Circular irregular Medio-circular Menos de medio-circular Pocas ramas Principalmente ramificadas
Grosor de ramas: Esta variable está asociada a la calidad de la 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.	 Nudos delgados Nudos medianos Nudos gruesos

Nota: Tomado de (Bosques, Suelos y Aguas, 2022).

Tabla N°5. Valores ponderados para las variables a evaluar.

Parámetros a evaluar	Características	Valor ponderado
Pendiente del terreno	Plano a levemente inclinado (< 45°)	1
	Muy inclinado (> 45°)	0
Altura de 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
Grosor de las ramas	Delgadas	2
	Medianas	1
	Gruesas	0
Gambas o aletones	Ausencia	1
	Presencia	0
Sanidad	Árbol sano	1
	Árbol enfermo	0

Nota: Tomado de (Bosques, Suelos y Aguas, 2022).

- **Anexo 2.**

Tabla N°6. Protocolo de desinfección de sustratos empleado para los ensayos experimentales.

PROTOCOLO DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS	
Paso N°1. Ubicación de sustratos en camas germinadoras.	
Inicialmente se ubicó los sustratos a emplear en camas germinadoras con el fin de cuantificar la cantidad de sustrato que se iba utilizar, y a su vez, cuantificar la cantidad de producto que se iba a emplear para la desinfección. En este caso, se ubicaron los sustratos de fibra de coco, turba y corteza de pino con arena en 6 camas germinadoras.	 Figura N°1. Cama germinadora. Foto: Laura Aranda, 2022.
Paso N°2. Aplicación de BASAMID.	
Una vez ubicados los sustratos en las respectivas camas germinadoras, se procedió agregar 15 gr de Basamid por cada metro cubico de sustrato. En este caso se aplicaron 90 gr para cada una de camas germinadoras. La aplicación se realizó espolvoreando el producto por todo el sustrato, evitando al máximo el contacto directo con el mismo, por lo cual, se empleó el uso de tapabocas y guantes para su aplicación.	 Figura N°2. Producto de desinfección Basamid.
Paso N°3. Incorporación de sustratos con el BASAMID.	
Posteriormente se procedió a realizar la integración del sustrato con el producto de desinfección con el fin de obtener una mayor eliminación de posibles hongos, y bacterias que puedan afectar el crecimiento de los esquejes de Algarrobo.	 Figura N°3. Rastrillo empleado para la incorporación.

Tabla N°6. Continuación

Paso N°4. Humedecimiento y reposo de sustratos.	
Por consiguiente, se realizó la aplicación de agua a cada una de las camas germinadoras, con el fin de humedecer el sustrato en su totalidad. Posteriormente se tapó con plásticos durante un periodo de 4 días, con el fin de mantener la humedad y pasado este periodo de días, se abrió durante otros 4 días consecutivos, con el fin de dejarlo reposar. Finalmente, después de 8 días de este proceso, se logró obtener los sustratos desinfectados, los cuales fueron utilizados para el llenado de los tubetes.	 Figura N°4. Sustratos desinfectados, utilizados en los ensayos experimentales.

- **Anexo 3.**

Tabla N°7. Protocolo de desinfección de tubetes y canastas empleado para los ensayos experimentales.

PROTOCOLO DE DESINFECCIÓN DE TUBETES Y CANASTAS	
Paso N°1. Enjuague de canastas con bomba a presión.	
Inicialmente se ubicaron las 27 canastas en las eras del invernadero de la empresa Bosques, Suelos y Aguas. Posteriormente, se inició un enjuague previo con la bomba a presión para facilitar la remoción de los residuos de cada uno de los tubetes.	 Figura N°1. Lavado de canastas con bomba. Foto: Laura Aranda, 2022.
Paso N°2. Remojo de tubetes en mezcla de detergente.	
Una vez realizado el proceso de enjuague, se procedió agregar los tubetes en un balde de plástico, el cual contenía una mezcla de agua con detergente. Por consiguiente, se procedió a sumergir los tubetes en esta composición, con el fin eliminar en un 100% la presencia de posibles hongos y bacterias, que puedan contaminar los sustratos y, por ende, afectar el crecimiento de los esquejes.	 Figura N°2. Balde empleado para el lavado de tubetes.
Paso N°3. Lavado de tubetes y canastas.	
Posteriormente se ubicaron los tubetes en cada una de las canastas y se procedió a realizar el lavado correspondiente a cada una de ellas, eliminando los residuos de detergente que se depositaron en los tubetes.	 Figura N°3. Canastas previamente lavadas. Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°7. Continuación

Paso N°4. Eliminación de patógenos con hipoclorito al 5%.	
Por consiguiente, se sumergieron las 27 canastas en un balde plástico, el cual contenía una solución de hipoclorito al 5%. Se emplearon 0,02 litros de hipoclorito al 5% por cada litro de agua utilizado. En este caso, se usaron 200 litros de agua, por lo cual se empleó 4 litros de hipoclorito al 5%, con el fin de exterminar la presencia de patógenos. La aplicación se realizó sumergiendo las canastas en la solución de hipoclorito al 5% durante 1 minuto, evitando al máximo el contacto directo con esta solución, por lo cual, se empleó el uso de tapabocas y guantes para su aplicación.	 Figura N°4. Aplicación de los 4 L hipoclorito al 5% en los 200 L de agua.  Figura N°5. Eliminación de patógenos con la solución de hipoclorito al 5%.

- **Anexo 4.**

Tabla N°8. Protocolo de propagación asexual del Algarrobo (*Hymenaea Courbaril*).

PROTOCOLO DE PROPAGACIÓN ASEXUAL DEL ALGARROBO	
Nombre Común	
Algarrobo	
Nombre Científico	
<i>Hymenaea Courbaril</i>	
Familia	
Fabaceae	
Descripción	
El algarrobo es una especie que se desarrolla en el bosque húmedo tropical (entre los 0 y 1200 m.s.n.m). Esta especie se caracteriza por ser esciófita, es decir, que es una planta tolerante a la sombra en su primera fase de desarrollo; sin embargo, es de muy lento crecimiento. El algarrobo crece en suelos arcillosos y tiene la capacidad de resistir anegamiento temporal, además, puede llegar a presentar una altura máxima de 40 m y un diámetro de 150 cm. Presenta un color café claro grisáceo y tiene una apariencia finamente fisurada con una alta presencia de lenticelas en su corteza externa. Esta especie presenta dos folíolos de forma elíptica, brillantes con borde entero y en su estación de floración presenta pequeñas flores que varían de color blanco cremoso a rosado. Esta especie se caracteriza por ser altamente comercializada en Colombia, Brasil y Perú (Serna Mosquera et al., 2010, 1-12).	

Figura N°1. Árbol de Algarrobo
Foto: Laura Aranda, 2022.

Figura N°1. Árbol de Algarrobo
Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°8. Continuación

Usos	
La madera del algarrobo es aprovechada en construcciones, carpintería y ebanistería. A su vez, el algarrobo produce una resina medicinal denominada copal y sus frutos son comestibles y altamente nutritivos. Por otra parte, esta especie es utilizada como planta ornamental, restauración ecológica y alimento para la fauna (Universidad EIA, 2014).	Figura N°2. Tronco del Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.
Floración	
Esta especie presenta una floración estacional, la cual comienza durante la época más seca del año, es decir, que se presenta durante los meses de mayo y junio. El algarrobo en su floración presenta pequeñas flores que varían de color blanco cremoso a un rosado ligero. Estas flores son muy aromáticas, están constituidas por 5 pétalos blancos con puntos morenos, extendidos y erguidos, los cuales sobresalen del cáliz (Bioexploradores Farallones, 2018).	Figura N°3. Floración del Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.
Fructificación	
El fruto que brinda este árbol es una legumbre leñosa, ovoide, indehiscente, lisa, la cual presenta un color marrón rojizo en su etapa de maduración; de 10 a 20 cm de largo por 4 a 9 cm de ancho; contiene 3-4 semillas oblongas, ovoides u elipsoides las cuales se encuentran cubiertas por un polvillo amarillo y pueden llegar a medir de 1 a 2,5 cm de longitud y 1 a 1,8 de ancho. Los frutos de esta especie tienden a permanecer un largo tiempo en el árbol luego de formación debido a su maduración (8 - 9 meses) (Serna Mosquera et al., 2010, 1-12).	Figura N°4. Fruto de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°8. Continuación

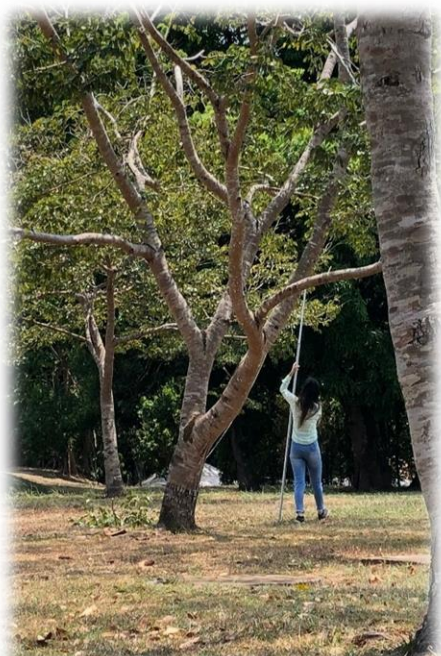
Recolección de esquejes	
Para realizar la recolección de esquejes de algarrobo inicialmente se debe tener en cuenta las condiciones de las plantas madre (estado fitosanitario, fenotípico y hídrico), ya que a partir de las condiciones de las plantas progenitoras, se obtienen buenos individuos genéticamente idénticos. Por lo cual se recomienda realizar la evaluación fenotípica y fitosanitaria a cada uno los individuos arbóreos identificados en la cual se incluyeron características como la altura total, diámetro a la altura de pecho (DAP), altura comercial, altura de bifurcación, forma del fuste, diámetro de copa, forma de copa, grosor de las ramas, gambas o aletones y sanidad. Por consiguiente, se recomienda obtener lotes de esquejes homogéneos, que sean de la misma especie y variedad, para así conseguir una mayor eficiencia en la obtención de esquejes enraizados y a su vez, sea mayor la calidad de las plantas. En el proceso de recolección se recomienda que el corte de la base de los esquejes se realice justo por debajo de un nudo y se aconseja que el esqueje presente un mínimo de 3 nudos. De igual manera, se recomienda realizar cortes limpios tanto en la parte inferior como superior del esqueje y se aconseja realizar filosos cortes rectos en la parte inferior para evitar que el sistema radicular se forme en un solo lado. Por último, se recomienda que el tamaño del esqueje sea de 15 centímetros y que cuente con al menos una hoja en la punta del esqueje, para que suministre nutrientes necesarios para el enraizamiento (Alonso et al., 1997).	Figura N°5. Recolección de ramas de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.  Figura N°6. Recolección de ramas de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°8. Continuación

Transporte El transporte es uno de los factores más importantes en la reproducción asexual, por lo cual es fundamental el mantenimiento del estado hídrico de los esquejes. Es muy importante evitar el incremento de la temperatura durante el transporte, por lo cual se recomienda inicialmente envolver los esquejes en papel periódico o toallas absorbentes, y seguidamente, guardarlos en bolsas de polietileno para evitar la resequedad en el proceso de transporte y, por último, empacarlos en una cava para conservar la temperatura, la cual debe estar entre 4°C a 10°C. Nota: La refrigeración de los esquejes debe iniciar desde el momento de su corte y culminar hasta el momento de su siembra (Sisaro & Hagiwara, 2016, 1-16).	 Figura N°7. Transporte de esquejes de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.
Siembra La siembra de los esquejes de algarrobo se debe realizar en el menor tiempo posible, para evitar deshidratación. Por lo cual se recomienda mantener los esquejes frescos y húmedos, evitando lo menos posible el viento, ya que este factor incrementa la pérdida de humedad. En el proceso de siembra se debe realizar huecos poco profundos en los sustratos con un instrumento que presente el mismo diámetro del esqueje y, por último, se recomienda introducir un 1/3 del esqueje en los respectivos sustratos, evitando dejar vacíos para evitar su pudrimiento (Alonso et al., 1997).	 Figura N°8. Siembra de esquejes de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°8. Continuación

Propagación	
Las condiciones ambientales son de gran importancia, debido a que estas pueden influir en el óptimo crecimiento y desarrollo de los esquejes. Por lo cual se recomienda mantener una humedad entre los rangos de 70% y 100%, con el fin de evitar la transpiración y deshidratación de los esquejes. A su vez, se recomienda mantener una temperatura ideal entre rangos de 20°C y 27°C, debido que esta permite la actividad metabólica de los esquejes y, por último, se recomienda mantener suficiente luminosidad con el fin de que los esquejes fotosinteticen y produzcan energía, la cual es de gran importancia para el desarrollo de hojas y raíces (Sisaro & Hagiwara, 2016, 1-16).	
La frecuencia de riego se realiza de acuerdo a las condiciones climáticas, sin embargo, se recomienda realizar un minuto durante 3 veces al día o 5 en el caso de altas temperaturas Solis et al (2015). Se recomienda que el invernadero este automatizado para así facilitar los riegos durante el día.	Figura N°9. Resultados de esquejes de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.
En el estudio se evidencio que el sustrato de fibra de coco presento las mejores condiciones para la propagación de la especie, a su vez, el corte basal y el uso de IBA (testigo y 600 ppm) influyó positivamente en la producción de yemas y hojas. Por último, se recomienda evaluar por un periodo más prolongado los montajes realizados, para tener un mayor panorama acerca del comportamiento de los esquejes con respecto a la producción de yemas, hojas y al enraizamiento.	 Figura N°10. Resultados de esquejes de Algarrobo. Foto: Laura Aranda, 2022.

Tabla N°8. Continuación

Bibliografía
Alonso, A., Cabañas, G., Flores, J., Garza, T., Halffter, G., Herrera, R., Martuscelli, J., Peimbert, M., Rivaud, J. J., Rubio Oca, J., Sarukhán, J., & Soberón, G. (1997). <i>La ciencia para todos</i> (primera ed.). http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_2.htm
Bioexploradores Farallones. (2018, marzo 11). <i>Hymenaea courbaril</i> (Algarrobo) - Biodiversidad Farallones del Citará. Biodiversidad Farallones del Citará. Retrieved enero 26, 2023, from https://farallonesdelcitarabioexploradores.com/biodiversidad/eudicotyledoneae/hymenaea-courbaril/#Floracio
Serna Mosquera, Y., Borja de la Rosa, A., Fuentes Salinas, M., & Corona Ambriz, A. (2010, septiembre 25). PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE ALGARROBO (<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber.), DE BAGADÓ-CHOCÓ, COLOMBIA. <i>Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente</i>, 1-12. https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v17n3/v17n3a11.pdf
Sisaro, D., & Hagiwara, J. C. (2016). <i>Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo</i>. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf
Universidad EIA. (2014, octubre 25). <i>Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá</i>. Retrieved 01 26, 2023, from https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/39

- **Anexo 5.**

Tabla N° 9. Descripción de los 27 tratamientos empleados en los ensayos experimentales.

Código	Descripción de tratamiento	Código	Descripción de tratamiento	Código	Descripción de tratamiento
T1	(Apical/Turba/Testigo)	T10	(Apical/Corte de Pino/Testigo)	T19	(Apical/Fibra de Coco/Testigo)
T2	(Intermedio/Turba/Testigo)	T11	(Intermedio/Corte de Pino/Testigo)	T20	(Intermedio/Fibra de Coco/Testigo)
T3	(Basal/Turba/Testigo)	T12	(Basal/Corte de Pino/Testigo)	T21	(Basal/Fibra de Coco/Testigo)
T4	(Apical/Turba/IBA 600 ppm)	T13	(Apical/Corte de Pino/600 ppm)	T22	(Apical/Fibra de Coco/600 ppm)
T5	(Intermedio/Turba/IBA 600 ppm)	T14	(Intermedio/Corte de Pino/600 ppm)	T23	(Intermedio/Fibra de Coco/600 ppm)
T6	(Basal/Turba/IBA 600 ppm)	T15	(Basal/Corte de Pino/600 ppm)	T24	(Basal/Fibra de Coco/600 ppm)
T7	(Apical/Turba/IBA 800 ppm)	T16	(Apical/Corte de Pino/800 ppm)	T25	(Apical/Fibra de Coco/800 ppm)
T8	(Intermedio/Turba/IBA 800 ppm)	T17	(Intermedio/Corte de Pino/800 ppm)	T26	(Intermedio/Fibra de Coco/800 ppm)
T9	(Basal/Turba/IBA 800 ppm)	T18	(Basal/Corte de Pino/800 ppm)	T27	(Basal/Fibra de Coco/800 ppm)