

**Evaluación de la eficiencia de micro túneles en la propagación de esquejes de la uva
Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* en el municipio de Aguada, Santander**

Esteven Alejandro Ardila Mosquera

Trabajo de Grado para Optar al título de Administrador Agroindustrial

Director

Jennifer Ricaurte Galvis

Ingeniera agrícola

Universidad Industrial de Santander

Facultad IPRED

Escuela Agroindustrial

Administración Agroindustrial

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Para mí es un placer y orgullo dedicarles este trabajo de grado a varias personas que fueron pilares y ejemplo a seguir durante este largo e importante etapa de mi vida.

Pero primero que todo a Dios, por haberme dado la vida, salud y la fuerza para seguir adelante con mis propósitos y metas; por no dejarme rendir en los momentos más difíciles, por ser el dador de mis cualidades y bendecir siempre mi camino hacia el éxito.

A mi madre por ser la más dedicada, por ser la impulsadora de mis sueños y metas, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas; por ser una luchadora al sacar a sus hijos adelante, educándonos de la mejor manera inculcándonos valores y buenos concejos, además por ser ese motor que me ayuda diariamente a ser mejor persona.

A mis hermanos porque son el motivo de inspiración para salir adelante y poder brindarles así un mejor futuro en el que cuenten siempre conmigo.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por regalarme la vida y la oportunidad de realizar este trabajo de grado para finalizar mi carrera profesional.

A mi madre que me impulso en momentos difíciles brindándome su amor, comprensión y sabiduría.

También a la Universidad Industrial de Santander por recibirme en sus aulas y enseñarme los valores necesarios para ser mejor. Además, quiero agradecer especialmente al centro de investigación CENIVAM el cual es dirigido por la doctora Elena Stashenko, a los profesionales que me brindaron la oportunidad de iniciar y crecer en la parte laboral, otorgándome nuevos conocimientos y experiencias fundamentales para la implementación de este trabajo de grado.

Así mismo a mis maestros por sus enseñanzas, paciencia y por el tiempo entregado en cada momento.

Por último, deseo agradecer a todas las personas que me apoyaron con un granito de arena para que esta meta de ser profesional se logrará; además a todos mis compañeros de estudio que me brindo la carrera universitaria a lo largo del tiempo, los cuales me brindaron sus buenos deseos y su apoyo.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. Objetivos	18
1.1 Objetivo General	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2. Cuerpo del Trabajo	19
2.1 Marco Referencial.....	19
2.2 Marco teórico	20
2.3 Marco Legal	28
3. Método	30
3.1 Primera fase: obtención de material vegetal	31
3.2 SEGUNDA FASE: RECOPIACIÓN DE DATOS.....	35
4. Resultados	39
4.1 Análisis de varianza	46
5. Discusión.....	49
6. Conclusiones	56

7. Recomendaciones 58

Bibliografía 60

Apéndices..... 66

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Análisis de los resultados del muestreo dentro del micro túnel.....	41
Tabla 2. Resultados del muestreo de los esquejes fuera de los micro túneles.	45
Tabla 3. Resumen de datos de temperatura del análisis de varianza de un factor.	46
Tabla 4. Análisis de varianza de la temperatura.	46
Tabla 5. Resumen de datos de humedad en el análisis de varianza de un factor.	47
Tabla 6. Análisis de varianza de la humedad relativa.....	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Adecuación y construcción de los dos micro túneles.....	30
Figura 2. Árbol madre de <i>Myrciaria cauliflora</i>	31
Figura 3. Diseño y construcción de los micro túneles.	32
Figura 4. Material vegetal para sacar los esquejes del experimento.....	33
Figura 5. Elaboración del sustrato para la propagación de la uva Jaboticaba.	34
Figura 6. Propagación de los esquejes de la uva Jaboticaba <i>Myrciaria cauliflora</i>	35
Figura 7. Toma de lectura con el Termohigrómetro de marca HTC-2.	36
Figura 8. Muestreo del 10 % de los esquejes en los micro túneles.....	37
Figura 9. Desarrollo de los esquejes dentro del micro túnel.....	38
Figura 10. Diagrama del promedio de la temperatura tomada.	39
Figura 11. Diagrama del promedio de la humedad relativa tomada.	40
Figura 12. Desarrollo del esqueje de la uva Jaboticaba <i>Myrciaria cauliflora</i>	43
Figura 13. Desarrollo de callogénesis en esquejes de la uva Jaboticaba.	43
Figura 14. Floración y desarrollo del fruto de la uva Jaboticaba <i>Myrciaria cauliflora</i> ...	44
Figura 15. Desarrollo de los esquejes fuera del micro túnel.....	45

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Reporte de resultados de laboratorio sustrato orgánico	66
Apéndice B. Reporte de resultados de laboratorio sustrato mineral	67
Apéndice C. Recopilación de datos de temperatura y humedad dentro y fuera de los micro túneles durante las catorce semanas	68

Glosario

Ácido indol-butírico (AIB): es una hormona sintética de las plantas que se utiliza como promotor del enraizamiento. Es una sustancia química que se utiliza en la propagación de plantas para estimular el crecimiento de las raíces y la formación de nuevos brotes y hojas. Él IBA es soluble en agua y se puede aplicar de diversas formas, incluyendo la inmersión de la base de los tallos, el riego y la pulverización foliar. (Quimicompany, 2023)

Alelopatía: es el efecto benéfico que tiene una planta sobre otra haciendo que los frutos de la beneficiada sean mejores o alejando plagas o enfermedades que provocarían daños en la planta. (Figueroa Villasagua, 2022)

Aporque: es un método de reproducción asexual de plantas, provocando la formación de raíces adventicias en una rama de una planta ya enraizada. (Educalingo, 2023)

Árbol Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*): es una fruta muy similar en sabor a la uva tradicional, con la particularidad y diferencia que se desarrollan adheridas en las ramas y el tronco del árbol. (Botero, 2016)

Auxinas: son las principales responsables de la formación de células de la raíz. Esta propiedad es utilizada por viveristas para la producción de esquejes, donde se aplica una cantidad de auxinas en el corte de la base del tallo para favorecer la formación de nuevas raíces. (CANNA, 2023)

Callogénesis: son células vegetales en un proceso indiferenciación en constante división celular, dependiendo principalmente genotipo del explante, además de la concentración y combinación de reguladores de crecimiento adicionados al medio de cultivo. (Hernández Amasifuent & Díaz Pillasca, 2019)

Compostaje: es la técnica de observar a la naturaleza en el proceso de la descomposición, que se produce cuando las plantas y restos orgánicos de los animales muertos se acumulan en el suelo y se descomponen gracias a los insectos y microorganismos para transformarse en nutrientes para las plantas. El hombre ha utilizado el proceso natural acelerándolo para su beneficio dando lugar al compostaje. (Conciencia Eco, 2013)

Destilación: consiste en separar o arrastrar, por medio de vapor de agua, los aceites esenciales que contienen las partes de la planta sometidas en el proceso. (CENIVAM, 2023)

Evapotranspiración: las plantas transportan cantidades importantes de agua desde el suelo hacia la atmósfera al movilizarla hacia las hojas, donde se les escapa evaporándose, sus estomas deben estar abiertos para capturar CO₂ del aire que requieren para producir su alimento. (Inecol, 2017)

Fotoasimilados: los fotoasimilados (sustancias sintetizadas a partir del CO₂ y de la energía solar) son empleados por las células para la obtención de energía metabólica, para los procesos de biosíntesis celular, o son almacenados para ser usados posteriormente. (Pérez Leal, 2017)

Higrómetro: es un instrumento que se utiliza para medir el grado de humedad del aire o de otros gases. (Pérez Porto & Merino, 2020)

Micro túneles: son estructuras construidas para la protección de las plantas de hortalizas desde sus primeros días de desarrollo hasta la etapa de floración, a fin de prevenir la transmisión de enfermedades. (Perla, 2017)

Post destilado: material vegetal resultante del proceso de la destilación, el cual es aprovechado para la elaboración compostaje. (CENIVAM, 2023)

Raíces adventicias: son las últimas en desarrollarse, apareciendo cuando las plantas presentan aproximadamente 10 hojas; se originan a partir de los primeros dos nudos aéreos y desde

el subnudo más cercano a la superficie del suelo. Las raíces adventicias, son gruesas, carnosas y de gran vigor, penetran, según el nudo en que se originen, a profundidades de entre 5 y 15 cm. Cumplen básicamente una función de sostén, permitiéndole a las plantas un mejor anclaje; además, y aunque limitadamente, participan de la absorción de agua y nutrientes. (Osuna Fernández, Osuna Fernández, & Fierro Álvarez, 2017)

Rizogénesis: son los reguladores del crecimiento vegetal son sustancias que actúan sobre el desarrollo de las plantas y que, por lo general, son activas a concentraciones muy pequeñas. (CANNA, 2023)

Termohigrómetro: instrumento electrónico que en su versión más básica; mide y muestra la temperatura (T) y humedad relativa (HR) del medio. (Real Academia Española , 2019)

Resumen

Título: Evaluación de la eficiencia de micro túneles en el proceso de propagación de esquejes de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* en el municipio de Aguada, Santander.

Autor: Esteven Alejandro Ardila Mosquera

Palabras Clave: Propagación, Germinación, Micro túneles.

Descripción: Debido al largo periodo juvenil y la segregación genética que tienen los árboles de Jaboticaba cuando se obtienen a partir del método más eficiente de germinación por semillas, ha llevado a la búsqueda de nuevos métodos que permitan la propagación de árboles seleccionados y que así garanticen clones más estandarizados y productivos. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de los micro túneles en el proceso de propagación de esquejes de la uva Jaboticaba, el cual fue dividido en dos fases con diferentes etapas; la primera fase fue la obtención de material vegetal de plantas madre, la construcción e implementación de micro túneles y la propagación de los esquejes con dos tipos de sustratos diferentes; el primer sustrato denominado “orgánico” su proporción fue del 70 % compostaje de plantas aromáticas y 30 % tierra de cafetal, el segundo sustrato “mineral”, con proporción del 65 % de arena de río y 35 % del mismo compostaje. En la segunda fase se trabajó la recopilación y comparación de los datos, los cuales constaron de tres muestreos del 10 % de los esquejes que se encontraban dentro y fuera de los micro túneles, además, de dos variables, temperatura y humedad relativa durante las catorce semanas que duro la investigación. A lo largo del tiempo se han realizado investigaciones en las cuales han logrado obtener resultados favorables con la aplicación de hormonas promotoras de raíz, tardando alrededor de 180 días, llegando a una comparación de los resultados obtenidos en la metodología de micro túneles, se concluye que fue positivo de acuerdo a lo que se esperaba, sin la necesidad de utilizar hormonas promotoras y consiguiendo así la disminución del tiempo en un 46 %. Existe un gran potencial de enraizamiento, por lo que se deberían ensayar ajustes en la técnica para maximizar la metodología implementada en el trabajo.

*Trabajo de Grado.

** Facultad IPRED. Escuela Agroindustrial. Administración Agroindustrial. Directora: Jennifer Ricaurte Galvis. Ingeniera agrícola.

Abstract

Title: Evaluation of the efficiency of micro tunnels in the process of propagation of cuttings of the Jaboticaba grape *Myrciaria cauliflora* in the municipality of Aguada, Santander.

Author: Esteven Alejandro Ardila Mosquera

Key Words: Propagation, Germination, Micro tunnels.

Description: due to the long juvenile period and the genetic segregation that Jaboticaba trees have when obtained from the most efficient method of germination by seeds, have led to the search for new methods that allow the propagation of selected trees and thus guarantee more standardized and productive clones. The objective of the work was to evaluate the efficiency of microtunnels in the propagation process of Jaboticaba grape cuttings, which was divided into two phases with different stages; the first phase was to obtain plant material from mother plants, the construction and implementation of microtunnels and the propagation of cuttings with two different types of substrates; the first substrate, called "organic", had a proportion of 70 % compost of aromatic plants and 30 % coffee soil; the second substrate, "mineral", had a proportion of 65 % river sand and 35 % of the same compost. The second phase consisted of the collection and comparison of data, which consisted of three samplings of 10 % of the cuttings that were inside and outside the micro tunnels, as well as two variables, temperature and relative humidity during the fourteen weeks that the research lasted. Throughout time, research has been carried out in which favorable results have been obtained with the application of root promoting hormones, taking about 180 days, reaching a comparison of the results obtained in the methodology of micro tunnels, it is concluded that it was positive according to what was expected, without the need to use promoting hormones and thus achieving a decrease in time by 46 %. There is a great potential for rooting, so adjustments in the technique should be tested to maximize the methodology implemented in the work.

*Degree Work

** IPRED Faculty. Agroindustrial School. Agroindustrial Administration. Director: Jennifer Ricaurte Galvis. Agricultural Engineer

Introducción

La uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* es uno de los árboles frutales que llaman la atención por la producción de sus frutos adheridos al tallo del árbol, además, es un cultivo que no cuenta con mucha literatura, a diferencia de otras mirtáceas, como el guayabo, el arrayán, entre otros; por lo que, desde hace unos años se están llevando a cabo investigaciones para saber más del árbol de uva Jaboticaba.

La problemática más importante que presenta el cultivo y que afecta el desarrollo de un proyecto productivo, es el tiempo en el que tarda en producir sus primeras cosechas, con un periodo aproximado de ocho a diez años desde su siembra en campo; esto se debe, a que el tiempo de germinación de la semilla tarda alrededor de dos a cuatro meses en realizar sus primeros brotes, cabe resaltar que todo depende del manejo que se tiene al momento de manipular estas semillas.

(Botero, 2016) propagó uva Jaboticaba por semillas, y afirmó que prefiere el método de multiplicación, las semillas se sembraron en tierra fértil por un año, cuando midieron entre 10 y 15 cm, se trasladaron al vivero donde permanecieron entre tres y cinco años; luego de alcanzar aproximadamente 1,5 m de alto, fueron trasladadas a libre exposición con distancias de siembra de 6 m x 6 m y 6 m x 4 m. (Botero, 2016) menciona que “las plantas tardaron entre cuatro y seis años para llevarse a campo, un proceso muy lento para la etapa productiva”, esto dependiendo de la especie y el tipo de semilla que fue utilizada.

La presente investigación se enfocará en evaluar los rendimientos de propagación que obtendrán los esquejes de la uva Jaboticaba, con la utilización del método de los micro túneles lo que se quiere lograr es que permita reducir el tiempo que tarda la uva en su etapa de propagación en vivero, es decir, que se pueda acortar el periodo de propagación hasta un 50 %, o más. Según

los pocos estudios que se han realizado, no sé a implementado el método de micro túnel al momento de su propagación, solo sea han venido utilizando como un sistema de cuidado de las hortalizas y cultivos, frente a la problemática con la que cuentan en algunas partes de México, como lo son las heladas y granizadas, que están acabando con gran parte de los cultivos ya establecidos y en producción.

Las cámaras de crecimiento en laboratorio de plantas in vitro son muy eficientes para el progreso de su etapa de germinación por lo que crean un ambiente controlado y agradable para su desarrollo en la etapa inicial, pero estos sistemas son muy costosos, requieren de equipos sofisticados de alta tecnología, además, los medios de cultivo, de los cuales se alimentaran los esquejes, los suplementos necesarios para la germinación y desarrollo de estos, además, se debe tener un espacio cerrado, controlado y antiséptico donde así se pueda tener un control y evitar que no se proliferen microorganismos que puedan dañar el proceso; otro aspecto más del método in-vitro es que es muy demorado.

Investigando sobre alguna alternativa que no sea tan costosa y que permitiera de igual manera la disminución del tiempo de propagación de las plántulas, surgió la idea de implementar las cámaras de crecimiento in- vitro en escala más pequeña y económica; donde se utilizó una bandeja de germinación común y a esta se le adecuo una pequeña estructura que permitiera forrar la bandeja y los esquejes de forma que sea lo más parecido a un invernadero, logrando que quede herméticamente sellado; para controlar las condiciones necesarias de un ecosistema que se adecue a los requerimientos de cada una de las especies de plántulas necesite para acelerar el desarrollo en la propagación.

La idea de los micro túneles nace como una alternativa de ampliar y aumentar las dimensiones de estas cámaras húmedas, por lo que se tomó la idea de realizar una réplica de los

sistemas implementados en México que son estructuras construidas para la protección de las plantas de hortalizas desde sus primeros días de desarrollo hasta la etapa de floración, a fin de prevenir la transmisión de enfermedades como los virus que son transmitidos por la mosca blanca; posterior a la producción de los semilleros, las plantas son protegidas con los micro túneles al campo abierto, que durante el día se dejan descubiertos y durante la noche se tapan herméticamente sellados para controlar las heladas y granizadas que en esta parte del país es muy descontrolada como lo menciona (Miserendino, 2011).

Desde la parte profesional y la experiencia laboral se ha podido trabajar el método con plantas aromáticas como romero (*Salvia rosmarinus*), pachulí (*Pogostemon cablin*), también, con esquejes de arrayán (*Myrcia popayanensis*) entre otros más; con la utilización del sistema se ahorró aproximadamente un 70 % en el tiempo que normalmente tardaban en enraizar los esquejes para que estuvieran listo para la siembra en campo. Por otro lado, esta uva se ha propagado en su mayor parte por semillas y según (Toto Meza & Salazar Castro, 2018) que trabajo con mirtáceas, los árboles originados por semilla son más vigorosos, de mayor porte, pero más demorados para iniciar producción, aunque comúnmente suelen duran más años.

El método de micro túneles no se ha implementado para propagaciones sino más para protección los cultivos de las heladas en la madrugada y granizadas que suelen atacar considerablemente (M. Santos, A. Obregón, & Salamé, 2018). El método llama mucho la atención por la facilidad que conlleva al construir y adecuar condiciones, materiales que se tengan al momento de realizar el procedimiento de propagación; no se encuentra mucha literatura de esta tecnología para propagar; pero, desde la parte laboral, se implementó y se adecuo el sistema que me permitió aprender nuevas técnicas, consiguiendo a su vez una disminución del tiempo que se tardaba en la propagación de las plantas aromáticas, es por esto que se decidió investigar más a

fondo el sistema y llevarlo a cabo en la propagación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*, la cual tiene una problemática considerable, tarda alrededor de tres a seis meses en germinar por semillas y vegetativamente se ha implementado también los esquejes, pero su eficiencia al brotar sus primeras raíces es muy baja según (Alberto da Silva , y otros, 2018); por esto se implementará los micro túneles con una alternativa diferente para reducir el tiempo considerablemente y que la propagación de esta uva no sea tan complicada y demorada.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la eficiencia de micro túneles en el proceso de propagación de esquejes de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* en el municipio de Aguada, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Caracterizar los dos tipos de sustratos implementados en los métodos de propagación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* mediante un análisis físico químico.

Comparar los parámetros de temperatura y humedad dentro y fuera del sistema de micro túnel.

Determinar el método más eficiente en la propagación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

La uva Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) es una planta nativa de la región montañosa de Río de Janeiro y Minas Gerais, Brasil, que se encuentra en países como Bolivia, Paraguay y el noreste de Argentina. Su fruto es ampliamente utilizado en la producción de mermeladas y bebidas como vino, néctares y jugos, entre otros. El árbol frutal es llamativo no solo por su altura, que puede alcanzar los 12 metros, sino porque sus frutos crecen sobre sus ramas y tallos, generando alrededor de tres cosechas por año (Botero, 2016). En los últimos años, el interés por establecer cultivos extensivos de la uva Jaboticaba ha tenido un aumento considerable, tanto para fines investigativos como productivos. Según (Botero, 2016) menciona que “en el parque "Summit Botanic Garden", de Panamá, se establecieron plantas de esta especie que luego fueron llevadas a la Estación Agrícola de Palmira, en Colombia. Una vez establecidas se introdujeron a NIRVANA (Hoy reserva natural, ubicada en el valle del Cauca, en límites de los municipios de Palmira-Pradera)”.

En Colombia, las condiciones climáticas y las propiedades del suelo permiten que el tipo de árbol se desarrolle en perfectas condiciones, y en el departamento de Santander hay algunos especímenes a partir de los cuales se podría iniciar la propagación y establecimiento de un cultivo para producción de uva, sin embargo (Botero, 2016) afirma también que “uno de los factores más importantes en el desarrollo del árbol es el tiempo que tarda desde su propagación hasta generar sus primeros frutos, el cual es de aproximadamente ocho años”. Teniendo en cuenta esta gran problemática en el establecimiento de la planta, surge la pregunta ¿es posible optimizar la

metodología de propagación para así reducir el tiempo de desarrollo y producción de la uva Jaboticaba?

2.2 Marco teórico

En la literatura colombiana se encuentran muy pocos reportes de los métodos de propagación vegetativos en el tipo de planta que pertenece a la familia *Myrtaceae*, (Parra, 2014) menciona que “son plantas arbóreas o arbustivas, generalmente cítricas y aromáticas, perteneciente al orden *Myrtales*, al igual que una planta muy conocida como el guayabo, el cual, si se propaga vegetativamente.” Según (Suárez, 2021) con los esquejes se puede obtener un comienzo más rápido para el cultivo porque estos son pequeñas plantas, en comparación con las semillas, los esquejes tienen un periodo de crecimiento más corto, que generalmente implica una cosecha más rápida, por otra parte, la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* pertenece a la misma familia de *Myrtaceae* que el arrayán *Myrcia popayanensis* o el guayabo *Psidium guajava*.

Para la producción de arrayán se utilizan comúnmente bolsas de plástico polietileno de tamaño 20x25 cm. Mencionan (Alvarado, Ojeda & Levet, Cuminao, 2014) “los cuidados culturales que se deben tener en el proceso de fertilización por comunicación personal.

Según (FAO Dirección de Producción y Protección Vegetal 90, 2002) “la temperatura ideal para la propagación de esquejes debe estar entre 15 a 25°C, con el fin de asegurar su efectividad”

Ciertamente, Brasil es el país nativo del árbol de la uva Jaboticaba, en el cual han estudiado y realizado avances significativos en la propagación sexual y asexual de la planta, (Alberto da Silva , y otros, 2018) citaron de (Danner, y otros, 2006) que para obtener plantas de Jaboticaba por semillas, éstas deben extraerse de los frutos maduros y sembrarse poco después de la cosecha. Las semillas deben limpiarse eliminando el mucílago con una pasta de cal virgen durante 30

minutos y a continuación frotándolas en un tamiz de malla fina y agua corriente. Si se hace esto, la germinación será cercana al 100 %.

La siembra debe hacerse con los frutos de semillas más grandes en bolsas para plantas de gran tamaño (volumen aproximado de 2,0 litros) y que contengan sustrato fértil, como por ejemplo, mezcla de suelo de bosque nativo y vermicompost, el crecimiento de los plantas fueron mayores en estas condiciones, permitiendo la producción de árboles aptos para la siembra en el campo a los 12 meses; (Alberto da Silva , y otros, 2018) citaron de (WAGNER JÚNIOR et al., 2011).

Agregando a lo anterior, (Alberto da Silva , y otros, 2018) mencionan que en cuanto al período juvenil del árbol de Jaboticaba propagado por semillas es largo, hay una excepción, esto cuando se habla del árbol de Jaboticaba denominado 'Híbrido', el origen del 'Híbrido' es desconocido, pero su floración y fruto son precoces, incluso cuando se utilizan las semillas (después de 3 a 5 años de la siembra); otras ventajas del árbol, son la ocurrencia de varias floraciones y fructificaciones durante el año y el bajo porte del árbol. La 'Jaboticaba Híbrida' está siendo intensamente difundida por viveros y cultivada en patios urbanos, rurales y paisajísticos, principalmente en las regiones Sur y Sudeste de Brasil.

Del mismo modo, (Alberto da Silva , y otros, 2018) investigaron tres métodos de reproducción asexual, en primer lugar, mencionan la propagación de esquejes mostrando una tasa de enraizamiento considerada baja en árboles, el segundo método es por injerto en el cual mencionan que es factible porque genera una tasa de brotación superior al 70-80 % citando a (Sampaio, 1984); así mismo, señalan que los portainjertos deben prepararse con plántulas procedentes de semillas de vivero con 12 a 24 meses de edad, que tengan un diámetro de 0,8 a 1,2 cm y de 20- 25 cm de la base.

Para (Sampaio, 1984) el injerto debe realizarse por hendidura superior, preferentemente en mayo o agosto. Los injertos son ramas apicales con diámetro semejante al de los portainjertos (0,8 a 1,2 cm), recogidas de plantas madre seleccionadas y sin ocurrencia de floración y/o fructificación, para que las ramas tengan yemas bien nutridas para brotar. Para el injerto, se corta una de las ramas del patrón a 20-25 cm de la base, quedando una de las otras ramas para producir energía vía fotosíntesis, para nutrir los brotes del injerto; en la rama cortada, se realiza una incisión longitudinal central, con una profundidad de 3,0 cm, se prepara el injerto de 10 cm de longitud, se eliminan las hojas, se protege el ápice con una envoltura de plástico o parafina y se corta la base por ambos lados de 3 cm de longitud en forma de cuña, posteriormente se inserta la cuña de injerto en la sección longitudinal del patrón, realizando el amarre con cinta de injertar, que puede retirarse a los 60-90 días del injerto para verificar la cicatrización. Si se produce la brotación de los injertos, las ramas deben retirarse del patrón después del periodo para permitir el crecimiento y la formación de la plántula injertada (Danner, y otros, 2006).

El acodo aéreo es una técnica de propagación en la que la rama permanece unida a la planta madre hasta el enraizamiento. Esta técnica es poco utilizada en especies frutales, debido a la mayor dificultad de ejecución, en relación a esquejes e injertos. Sin embargo, es ventajosa para especies leñosas de difícil enraizamiento de estacas, como el árbol Jaboticaba, para el cual se ha logrado el enraizamiento de hasta el 100 % del acodo aéreo (Danner, y otros, 2006).

Para propagar el árbol de 'Jaboticaba' por acodo aéreo, se debe escoger una rama en la planta madre con un diámetro de 2-2,5 cm, retirar un anillo de cáscara de 1,5-2,0 cm y cubrirla con algodón embebido en la solución de IBA de 4.000 mg / L. Cubrir esta zona del acodo con una bolsa de plástico transparente y resistente que contenga sustrato humedecido comercialmente, atando el plástico en los extremos, las raíces se observan externamente al sustrato a los 180 días.

El acodo aéreo se puede hacer en cualquier época del año, excepto cuando hay ocurrencia de floración o fructificación (Danner, y otros, 2006). Después de desconectada de la planta madre, debe ser colocada en macetas de 25 litros, mantenida en vivero con riego por aspersión durante 12 meses, para el crecimiento de raíces y brotes, antes de ser plantada en local definitivo.

Continuando en la búsqueda para encontrar los parámetros similares en el momento de propagación de esta especie la cual pertenece a la familia de las *Myrtaceaes*, se encontró la metodología de propagación asexual o vegetativa del arrayan (*Luma apiculata (DC.) Burret*) en la que según (Alvarado, Ojeda & Levet, Cuminao, 2014) el tipo de material para la reproducción por esquejes es necesario emplear estacas delgadas, de ramitas de dos años de edad, extraídas desde la base del tronco o ramas viejas; también se menciona que para la obtención del material y almacenamiento de mismo, se debe realizar en el mes de Junio, aclarando y constatando que la época ideal para esta recolección de material debe también estar iniciando y finalizando en el mes de Julio.

El sustrato empleado para el enraizamiento puede ser de muchos tipos, pero él debe cumplir tres funciones: mantener a la estaca en su lugar durante el periodo de enraizamiento, proporcionar la humedad necesaria y permitir la penetración de aire, además debe estar libre de patógenos que puedan afectar el éxito en la formación de raíces (Schafer & Lerner, 2022); además mencionan que las funciones principales de un sustrato vegetal son proporcionar soporte a las raíces, retener y hacer que el agua esté disponible, tener espacio para el aire incluso en un estado de saturación de agua, tener estabilidad estructural, capacidad de adsorción, capacidad amortiguadora contra cambios de pH, dinámica de nutrientes predecible, conductividad eléctrica, ausencia de enfermedades y sustancias que puedan reducir o dañar el desarrollo de las plantas, buena capacidad de rehidratación después del secado y que permiten el almacenamiento.

(Álvarez, Herrera, Rodríguez, & Chacón, 2007) describen los tipos de sustratos más implementados en la germinación y propagación, además habla de cada una de las propiedades físico-químicas que tiene cada uno de los sustratos terminados, las formas de control biológico, las mezclas que se pueden implementar y que material vegetal puede ser utilizado para estos tipos de sustratos. Para el caso de la propagación de esquejes leñosos, los cuales son los más parecidos a la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* se utiliza una parte de arena por una parte de tierra chacra o tierra negra; además el documento describe los criterios a tener en cuenta para la preparación de sustrato como lo son tipo de cultivo, tipo de semilla o esqueje, recipiente ya sea bandejas o camas y el tipo de sustrato a utilizar, asimismo describe el paso a paso que se debe realizar al momento de la desinfección del sustrato y que método es más factible implementar.

Los propagadores y medios de enraizamiento que se deben utilizar en las estacas, se plantan en arena no muy fina, previamente inoculadas con fitohormonas, mantenidas en un ambiente húmedo y temperado. Los mejores resultados de reproducción vegetativa en verano se han logrado con cama caliente y dosis de 4.000 ppm de AIB (Ácido Indol butírico). En otoño el mayor valor de estacas enraizadas se ha obtenido con cama caliente y dosis de 2.000 ppm de AIB y también en cama fría con 2.000 y 4.000 ppm de AIB. La edad de la planta madre ejerce una fuerte influencia en la capacidad de las estacas para formar raíces, siendo el mejor material obtenido de plantas jóvenes, esto puede mejorar si se aplica una adecuada concentración de hormonas, en el caso la aplicación de 6.000 ppm de AIB resultó ser una buena dosis”

(M. Santos, A. Obregón, & Salamé, 2018) trató el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, para ello trabajó en la producción de hortalizas utilizando micro túneles que simulan el principio de germinación en cámara húmeda, los cuales ayudan a que las plantas tengan un

desarrollo más rápido, crezcan más vigorosas, libres de plagas y enfermedades que retrasan su desarrollo.

La cámara húmeda es un método que replica las características de germinación y funcionamiento de una cámara de crecimiento de laboratorio, la cual desarrolla un ambiente controlado que permite disminuir el tiempo que tarda un esqueje en emerger su sistema radicular y a su vez aumenta el desarrollo del mismo en un periodo de tiempo más corto, por lo que el método despliega en los esquejes una comodidad, para que el aumento considerablemente su progreso, el mismo controla los requerimientos necesarios de temperatura, humedad y nutrientes que se necesitan para acelerar su proceso de propagación. Según (Sisaro & Hagiwara, 2016) “los factores que afectan la efectividad en el enraizamiento de las estacas y posterior calidad de la planta obtenida se pueden encontrar en los procedimientos previos a la cosecha de las estacas o esquejes, la capacidad de enraizar las estacas varía según la especie que se trate e incluso la facilidad y velocidad de producir raíces adventicias varía.

Las raíces adventicias se forman naturalmente en zonas definidas a lo ancho de los nudos donde se insertan las hojas o en lo largo del tallo. Existen especies que poseen raíces preformadas que se forman naturalmente en la planta luego de cierto tiempo de crecimiento del brote y se manifiestan como raíces aéreas o zonas engrosadas y con puntuaciones. En muchas de estas especies, las estacas enraízan con gran facilidad. En otras especies las raíces son inducidas al realizar el corte de la estaca, estas generan respuesta al corte por la lesión que se le produce al realizar el proceso y solamente luego de la muerte de las células cortadas”. Por otro lado, el documento nos menciona que el ambiente de enraizamiento debe cumplir con unas características esenciales como la alta humedad relativa para evitar la transpiración de las estacas y evitar la deshidratación de las mismas, además temperatura adecuada para permitir la actividad metabólica

en las estacas, especialmente en la zona basal de las mismas donde surgen las raíces adventicias (15 a 25°C sería lo ideal), suficiente luminosidad para permitir que las estacas fotosinteticen y produzcan energía (hidratos de carbono). El documento también nos menciona que existen dos tipos de sistemas que se usan comúnmente y garantizan el cumplimiento de las características anteriormente mencionadas, el primero son los túneles de polietileno a nivel del piso o sobre mesada, en él se mantiene la humedad dentro del túnel manteniéndolo cerrado en forma hermética y regando el sustrato con las estacas en forma periódica para evitar que en el interior del túnel se eleve la temperatura, se recurre a disponer en un lugar con poca luminosidad, según el documento el más utilizado es el “Mist” que a través de un sistema de micro aspersores alimentados por una bomba se generan pequeñas gotas de agua en forma intermitente que permiten mantener la humedad relativa alta y evitan que se eleve la temperatura del ambiente. En algunos casos, sobre todo cuando se requiere enraizar estacas durante el invierno, se calefacciona el piso o la mesada con un sistema de tuberías con agua caliente para garantizar una temperatura mínima en el sustrato donde van plantadas las estacas. Al sistema de calefacción se lo suele denominar “Cama Caliente”.

Por otro lado, (M. Santos, A. Obregón, & Salamé, 2018) menciona que “los micro túneles son pequeñas estructuras, sencillas, de fácil instalación y económicamente accesibles, que soportan la malla o pantalla que provee protección temporal al cultivo y que generalmente son utilizados para proteger los cultivos en sus primeras etapas, contra los agentes climáticos, plagas y enfermedades. También se encontró que (Miserendino, 2011) señala que “son estructuras construidas para la protección de las plantas de hortalizas desde sus primeros días de desarrollo hasta la etapa de floración, a fin de prevenir la transmisión de enfermedades como los virus que son transmitidos por la mosca blanca. Posterior a la producción de los semilleros, las plantas son protegidas con los micro túneles al campo abierto; esto se debe a que ellas mismas son las

encargadas de mantener las condiciones climáticas, factores como humedad, temperatura y luminosidad que adsorben por sí solas lo que realmente necesitan, es decir, estas variables se mantienen controladas dentro del túnel”. También resalta que “la implementación de estos túneles ayuda a disminuir considerablemente los tiempos de germinación y desarrollo de las plantas, reduciendo en un 50 %, así que, si por el método tradicional se obtenían cultivos en 3,5 meses, con el nuevo sistema se obtienen en 1.5 a 2 meses. Aunque las experiencias obtenidas con estos nuevos sistemas han mostrado que todas las plantas son totalmente diferentes en su proceso de germinación, es necesario plantear y analizar con detalle su implementación”.

(InfoAgro, 2022) menciona que “los túneles los han implementado para los dos tipos de estaciones que se encuentran en Colombia para ello se otorgan unos parámetros y recomendaciones a realizar es decir que durante el invierno en el día se debe abrir el micro túnel cuando el sol comienza a calentar (10-11 de la mañana) y cerrarlo antes de que baje la temperatura (4-5 de la tarde). Se deberá observar el desarrollo del cultivo por lo que un exceso de humedad puede provocar la aparición de hongos o algunas enfermedades. En días con demasiado viento se debe tener cuidado de no abrir el micro túnel del lateral desde donde viene el viento, éste puede embolsarlo y romper el polietileno. En el caso del verano el polietileno se le puede colocar encima una poli sombra de (35 – 50 %), se puede dejar permanentemente y abrirlo en los momentos de siembra o trasplante; además el sistema funciona muy bien para cultivos de hoja como acelga, espinaca, lechuga, achicoria, perejil. En agosto-septiembre se pueden realizar almácigos de hortalizas de verano como tomate, pimiento, berenjenas, albahacas, protege a los cultivos de las heladas suaves, 1-2 grados bajo cero”.

2.3 Marco Legal

Los procesos por lo cual se establece la producción de esquejes y multiplicación de especies frutales y vegetales incluyendo todo el manejo que conlleva el cual se rige por la siguiente normatividad:

La Resolución N° 12816 de 2019 (agosto 21) “Por medio de la cual se establece los requisitos para el registro ante el ICA de los viveros y/o huertos básicos productores y/o comercializadores de semilla sexual y/o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos, así como los requisitos fitosanitarios para la conservación, producción, certificación y distribución de material de propagación de cítricos en viveros, en el territorio nacional” (ICA, 2019).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica es el instrumento internacional para "la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos", que ha sido ratificado por 196 países (Naciones Unidas, 2022).

La resolución 3180 del 2009 establece los requisitos y procedimientos necesarios para la distribución y producción del material vegetal de propagación en frutales para el área nacional con otras disposiciones (ICA, 2009).

Por medio de la ley 1518 del 2012 se aprueba el "Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales", del 2 de diciembre de 1961, revisado en Ginebra el 10 de noviembre de 1972, el 23 de octubre de 1978 y el 19 de marzo de 1991 (Congreso de la República, 2012).

Con el decreto 931 del 2018 se crea el Sistema de Trazabilidad Vegetal y se incluye como Título 11 de la Parte 13 del Libro 2 del Decreto 1071 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural (Congreso de la República, 2018).

Con la resolución 150 del 2003 Por se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia (ICA, 2003).

Por medio de la resolución 68370 del 2020 se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola” (ICA, 2020).

Por medio de la resolución 780006 del 2020 se establecen los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país (ICA, 2020) también a través de 31 la resolución 3168 del 2015 se reglamenta y se controla la producción de semillas para mejoramiento genético, su comercialización y siembra para fines investigativos o agronómicos (ICA, 2015).

La NTC 5400 de 2005 de Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas (ICONTEC, 2005) y la Resolución 4174 de 2009 por medio de la cual se reglamenta la certificación de buenas prácticas agrícolas en la producción primaria de fruta y vegetales para consumo en fresco (ICA, 2009).

3. Método

La investigación se realizó en la finca El Fical, que se encuentra ubicada en el municipio de Aguada, Santander. En las coordenadas 6°10'10" de latitud Norte y 73°30'57" de longitud Oeste, a una elevación de 1.878 msnm. (Google Earth , 2023) Para el ensayo se realizaron actividades previas a la adecuación y construcción de los dos micro túneles implementados. La primera actividad consistió en la limpieza y construcción de los micro túneles, con una cubierta en plástico tipo invernadero. En la segunda actividad se realizó la limpieza y adecuación del área donde se implementarán los micro túneles con las respectivas bandejas de germinación. Estas actividades se observan en la figura 1.

Figura 1. *Adecuación y construcción de los dos micro túneles.*



Nota. A. Cubierta con poli sombra de 65 %. B. Micro túneles en el sitio adecuado. Fuente: elaboración propia, 2023.

Luego de haber acondicionado las instalaciones para los dos micro túneles a implementar, se ejecuta el ensayo de investigación dividido en dos fases con diferentes etapas para cada fase.

3.1 Primera fase: obtención de material vegetal

Para llevar a cabo el ensayo de propagación se buscaron dos plantas madres con las que ya se contaban previamente, ubicadas en el municipio de Puente Nacional, Santander. Vereda Bajo Semisa, en las coordenadas 5°54'40" de latitud Norte y 73°38'30" de longitud Oeste, a una elevación de 1.620 msnm, estos árboles contienen aproximadamente más de veinte años. En la figura 2 se observa las plantas madres de las cuales fueron recolectadas el material vegetal para el estudio.

Figura 2. *Árbol madre de Myrciaria cauliflora*



Nota. A. Plano entero de la planta madre de la uva Jaboticaba *Myrciaria Cauliflora*. B. Plano medio largo del árbol de uva. Fuente: elaboración propia, 2023.

Primera etapa: la construcción de los micro túneles en los cuales se realizaron los ensayos de propagación para la investigación, se realizó de manera manual con un diámetro de 1,77 m de largo por 0,79 m de ancho, se implementó la estructura en varilla de acero N° 3/8 cubierta con maguera plástica para evitar el daño por las altas temperaturas que se alcanza con la exposición

del sol, por último su cobertura se utilizó plástico tipo invernadero N°6 que cuenta con una mayor resistencia. En la figura 3 se observa la primera etapa. Diseño y construcción de los micro túneles.

Figura 3. *Diseño y construcción de los micro túneles.*



Nota. A. Plano de los micro túneles. B. Estructura en varilla del micro túnel. C. Cubierta con plástico tipo invernadero N°6. D. Micro túneles en sitio terminados. Fuente: elaboración propia, 2023.

Segunda etapa: se realizó el lavado y desinfección con alcohol antiséptico al 70 % de las tijeras podadoras que se implementaron en el corte y selección de los 800 esquejes, los cuales se tomaron de ramas frondosas, vigorosas, sanas y que estuvieran jóvenes no muy leñosas, posteriormente se cubrieron con papel periódico y se colocaron en una nevera de poliestireno

extendido para su respectivo traslado al lugar de propagación. En la figura 4 se observa la segunda etapa. Material vegetal para la propagación de los esquejes del experimento.

Figura 4. Material vegetal para sacar los esquejes del experimento.



Nota. A. Corte en bisel con tijeras podadoras del material vegetal. B. Selección y adecuación del material vegetal del árbol de Jaboticaba. C. Ramas y tallos jóvenes seleccionados de la uva Jaboticaba. D. Tamaño del esqueje para la propagación. Fuente: elaboración propia, 2023.

Tercera etapa: se prepararon dos diferentes sustratos con un peso total de 16 kg entre los dos; para el primer sustrato denominado orgánico, su materia prima principal consta de compostaje post destilado de las siguientes plantas aromáticas, citronela (*Cymbopogon winterianus*), palmarrosa (*Cymbopogon martinii*), geranio (*Pelargonium graveolens*), pachulí (*Pogostemon cablin*), romero (*Salvia rosmarinus*), tomillo (*Thymus vulgaris.*) y tierra de cafetal, en proporción

70 % compostaje, 30 % tierra de cafetal; para el segundo sustrato denominado mineral, tendrá arena de río utilizada en vivero para propagación y el mismo compostaje de plantas aromáticas anteriormente mencionadas, en proporción 65 % arena y 35 % compostaje de post destilado.

En la figura 5 se observa la tercera etapa. Elaboración del sustrato para la propagación de la uva Jaboticaba.

Figura 5. *Elaboración del sustrato para la propagación de la uva Jaboticaba.*



Nota. A. Compostaje de post destilado de plantas aromáticas. B. Arena de río para la elaboración del sustrato. C. Adecuación de compostaje para propagación. D. Llenado de bandejas con el sustrato terminado. Fuente: elaboración propia, 2023.

Cuarta etapa: una vez se adecuo el lugar a trabajar en el ensayo, se inició con la siembra de los esquejes en las bandejas con cada uno del sustrato a utilizar en cada micro túnel; se ubicaron las bandejas respectivamente en su lugar, donde se les adiciono agua para hidratar los esquejes y el sustrato ayudando a la transpiración dentro de los túneles, los cuales fueron cubiertos externamente con una capa de tierra aproximadamente de 10 cm de diámetro para que quedaran herméticamente sellados evitando así la menor entrada de aire para conseguir un adecuado proceso

de transpiración de los esquejes dentro de los micro túneles. En la figura 6 se observa la cuarta etapa. La propagación de los esquejes de uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* con su respectiva hidratación.

Figura 6. Propagación de los esquejes de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*.



Nota. A. Bandejas con el material vegetal dentro del micro túnel. B. Hidratación de los esquejes antes de ser cubiertos. Fuente: elaboración propia, 2023.

3.2 SEGUNDA FASE: RECOPIACIÓN DE DATOS

Primera etapa: la medición de los parámetros a tener en cuenta como temperatura y la humedad relativa, se tomaron es un Termohigrómetro de marca HTC-2 medidor digital de humedad y temperatura ambiental: diariamente por un periodo de catorce semanas, tres veces al día, se tomaron las diferentes lecturas de los anteriores parámetros mencionados. La primera medición se tomaba aproximadamente de 6:00 AM – 7:30 AM, la segunda se realizó aproximadamente de 12:00 PM – 01:30 PM, la tercera y última medición se tomó de 04:00 PM – 05:30 PM. Como se evidencia en la figura 7 para tomar las lecturas de los parámetros de temperatura y humedad, se introdujo una sonda especial para que los datos fueran más precisos y que a su vez permitiera tomarlos directamente al sustrato y no al ambiente.

Figura 7. Toma de lectura con el Termohigrómetro de marca HTC-2.



Nota. A. Lectura de temperatura y humedad al medio día. B. Sonda para la lectura de los parámetros introducida en el sustrato. Fuente: elaboración propia,2023.

Segunda etapa: De los 300 esquejes implementados en cada micro túnel se tomó el 10 % en cada uno de los tres muestreos realizados, los cuales correspondían a 30 esquejes por muestreo, para alcanzar así un total de 180 esquejes analizados entre los dos micro túneles, es decir que se observó el 60 % de los 300 esquejes, observando y analizando cómo se desarrollaba su proceso de enraizamiento en cada muestreo; para el análisis se tomaron en tres ocasiones diferentes, el primer muestreo se realizó en la sexta semana, el segundo a la décima semana y el último se realizó a la décima cuarta semana de haber sido introducido el esqueje de la uva; de igual manera se realizó el mismo muestreo a los esquejes que se están germinando fuera del micro túnel, con la diferencia de que los esquejes implementados fueron 200, pero al igual que el primer método se analizó el 10 % por cada muestreo. En la figura 8 se observa la segunda etapa. Muestreo del 10 % de los esquejes de uva Jaboticaba.

Figura 8. Muestreo del 10 % de los esquejes en los micro túneles.



Nota. Muestreo del 10 % de los esquejes dentro del micro túnel. A. Esqueje con un excelente brote de hojas y un tallado de la raíz regular. B. Esqueje con brote de hoja muy bajo y un excelente tallado de raíz. Fuente: elaboración propia, 2023.

Tercera etapa: descripción del desarrollo de los esquejes hojas y raíces. Transcurrido el tiempo para el primer muestreo de las seis semanas se recolectaron al azar los treinta esquejes de cada micro túnel para realizarle su respectivo análisis de desarrollo, donde, se encontraron esquejes ya con brotes de hojas muy buenos, pero solo uno empezando a formar callo, es decir que, el esqueje empezó a sufrir una serie de cambios en la parte inferior como respuesta a la alteración sufrida por el corte, donde se generó un pequeño abultamiento que se reconoce por su color crema inicial hasta llegar a una coloración marrón; en esta parte del proceso ya se considera como un esqueje enraizado, por lo que el recubrimiento obliga en gran medida a emitir raíz para su sobrevivencia. Desde el momento en que entró en esta etapa, se desarrolló en el túnel que tenía el sustrato mineral, por lo que él retenía mejor la humedad, permitiendo que el esqueje este más fresco e hidratado; estos se volvieron a introducir en el sustrato para que siguieran su proceso de

propagación, pero con la diferencia que se marcaban con un palillo para evitar que se tomaran nuevamente en los siguientes muestreos.

En los siguientes dos muestreos se evidencio un aumento significativo de los brotes de hojas y callado de los tallos, por lo que se notó una gran diferencia en el sustrato mineral que tuvo una mejor retención de humedad que en el sustrato denominado orgánico. En la figura 9 se observa la primera etapa. El desarrollo de los esquejes de uva Jaboticaba.

Figura 9. *Desarrollo de los esquejes dentro del micro túnel.*



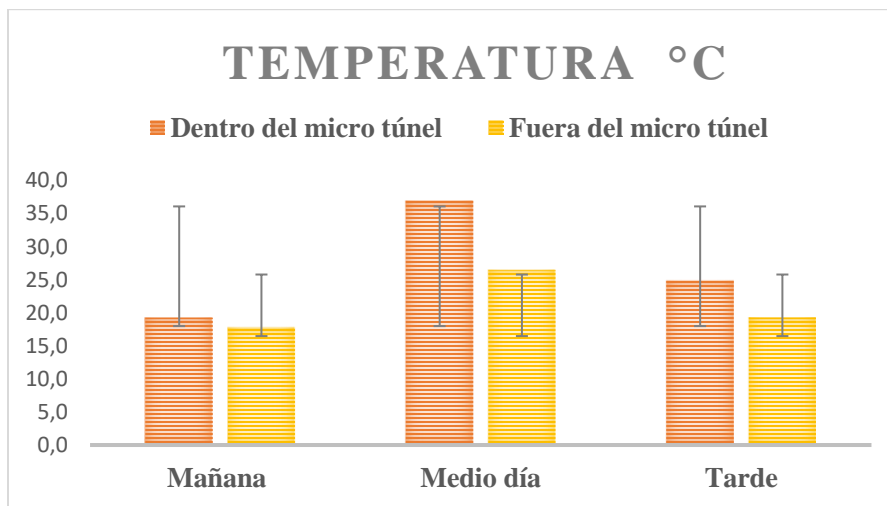
Nota. Desarrollo de los esquejes en el micro túnel con sustrato denominado mineral.

Fuente: elaboración propia, 2023.

4. Resultados

Los resultados obtenidos durante las catorce semanas del experimento evidencian que la temperatura generada dentro del micro túnel fue superior a la que se encontraba en condiciones a libre exposición en el método tradicional; según (Alvarez, 2011) afirma que, al elevarse la temperatura en la propagación o el mismo sustrato, es un factor determinante en el desarrollo radicular y acortamiento del tiempo del enraizamiento en la multiplicación por esquejes, se puede evidenciar en la figura 10 que el porcentaje aproximado de temperatura obtenida en los muestreos realizados con el medidor Termohigrómetro de marca HTC-2 dentro del micro túnel alcanzó los 37 °C en el medio día, a comparación del método fuera del micro túnel que su mayor temperatura fue alrededor de 19,3 °C durante las lecturas de las catorce semanas.

Figura 10. Diagrama del promedio de la temperatura tomada.

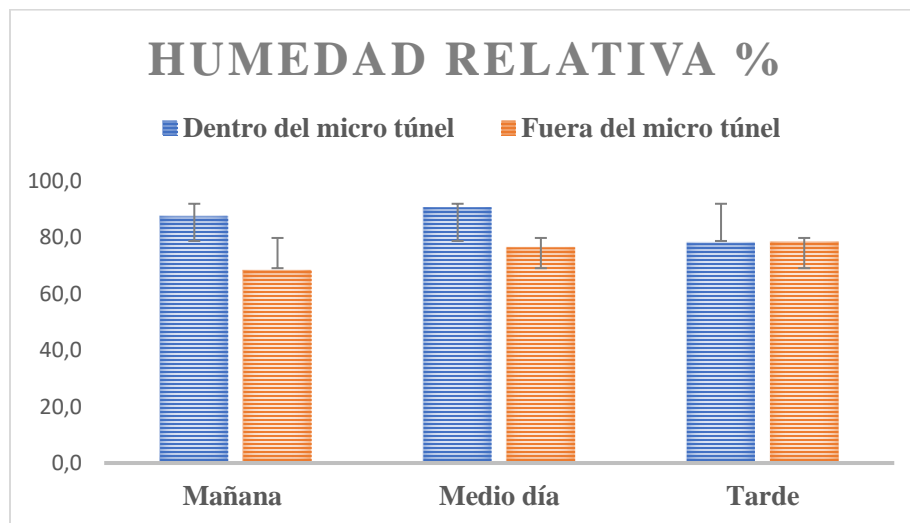


Nota. Comportamiento promedio de la temperatura tomada durante las catorce semanas, con su respectiva desviación estándar. Fuente: elaboración propia, 2023.

Durante las catorce semanas del experimento se evidencia que la humedad relativa generada dentro del micro túnel fue la que se mantuvo en mayor equilibrio, además de que fue superior a la que se encontraba en condiciones de libre exposición en el método tradicional; según

(Alvarez, 2011) afirma también que, uno de los factores más importantes al momento de propagar esquejes es la humedad relativa, la cual se debe mantener lo más elevada posible, además, de que esta debe estar en lo posible controlada, para ayudar al desarrollo radicular y acortamiento del tiempo de enraizamiento en la multiplicación por esquejes; por otro lado, se puede evidenciar que en la figura 11 el porcentaje aproximado de humedad obtenida en los muestreos realizados con el medidor Termohigrómetro de marca HTC-2 fue la que se encuentra dentro del micro túnel que alcanzó una humedad relativa aproximadamente del 90,6 % durante en el medio día, a comparación del método fuera del micro túnel, que el valor máximo en el medio día fue de 76,4 % estando muy por debajo durante las lecturas de las catorce semanas. Cabe resaltar que la humedad relativa en horas de la tarde fuera del micro túnel fue superior a la que se encontraba dentro, aproximadamente se presentaron lecturas de un 78,5 % frente a un 77,9 %, posiblemente por los cambios climáticos que se presentaron en el lugar donde se ejecutaba el experimento.

Figura 11. Diagrama del promedio de la humedad relativa tomada.



Nota. Comportamiento promedio de la humedad relativa tomadas durante las catorce semanas, con su respectiva desviación estándar. Fuente: elaboración propia, 2023.

Dentro del método implementado con micro túnel se evidencia que en el transcurso de la mañana al medio día la humedad relativa va aumentando hasta alcanzar su punto máximo, el cual es el que se pretendía obtener mediante el sistema; logrando así, condiciones favorables dentro de él, al momento de elevarse la temperatura por consecuencia de estar herméticamente sellado, generando así un proceso de transpiración interna, lo que hace que la humedad se eleve y que los esquejes se mantengan hidratados; por otro lado, al estar las condiciones elevadas de temperatura y humedad se logra que el esqueje entre en una etapa de estrés favorable, obligándolo así a que su sistema radicular se desarrolle lo más rápido para que el no muera.

En la tabla 1, se pueden observar los brotes de las hojas en los esquejes durante los tres muestreos con un 71,1 % de propagación frente a un 41,1 % respecto al otro micro túnel; en la formación de callo, se obtuvieron mejores resultados en el sustrato mineral con un 31,1 % respecto a los esquejes del sustrato orgánico con un 20 %; esto quiere decir, que el proceso realizado en esta investigación con el sustrato mineral fue satisfactorio.

Tabla 1. *Análisis de los resultados del muestreo dentro del micro túnel.*

Ítem	Micro túnel (sustrato mineral)					Micro túnel (sustrato orgánico)				
	R1	R2	R3	%	R4	R5	R6	%		
Esquejes	90	30	30	30	100	90	30	30	30	100
Brote de hojas	64	15	22	27	71,1	37	6	12	19	41,1
Brote de raíz	28	1	9	18	31,1	18	0	6	12	20
Esquejes viables	69	16	26	27	76,6	45	6	16	23	50
% viabilidad	76,6	53	87	90		50	20	53	77	

Nota. Tabla con los resultados de las réplicas de la selección de esquejes dentro del micro túnel. Fuente: elaboración propia, 2023.

Según (Alberto da Silva , y otros, 2018) el esquejado es una técnica de propagación que ha mostrado una tasa de enraizamiento considerada baja en árboles de 'Jaboticaba', que oscila entre el 2,6 % y el 66,6 %. Los estudios indicaron que el mayor enraizamiento se promovió con el uso de esquejes de madera blanda, que requieren altas concentraciones de ácido indol-butírico (IBA), una estructura con alta humedad en el sustrato y que los esquejes debían tener hojas.

A comparación del método convencional utilizado por (Alberto da Silva , y otros, 2018) los resultados de propagación de los esquejes dentro del micro túnel con sustrato denominado “mineral” fueron superiores, alcanzando el 77 % de viabilidad para la siembra, sin la necesidad de implementar el regulador fisiológico, el cual promueve la emisión de raíces en los esquejes; sin embargo, el uso de un regulador no fue tan negativo en la propagación, por lo que, se obtuvieron mejores resultados utilizando la hormona, que con el método de micro túneles trabajando con el sustrato orgánico donde no se adicione estos estimulantes.

Por otro lado, se observó que no todos los esquejes que tuvieron brotes de hojas significativos son viables para la siembra, estos pueden llegar a morir en el transcurso del tiempo, no alcanzan a desarrollar su sistema radicular oportuno; esta negativa es muy común en la reproducción asexual o multiplicación vegetativa, por lo que su desarrollo foliar se logra alcanzar en el menor tiempo posible, pero con la diferencia de que no se forma callogénesis o indicios de formación de raíz, por lo general demoran más tiempo en que se desarrollen, terminando marchitándose, deshidratándose y al final muriendo. En la figura 12 se evidencia un esqueje que se obtuvo en el segundo muestreo realizado en el método de propagación de micro túnel con el sustrato mineral alcanzando excelente brote de hojas, pero sin la formación de callo.

Figura 12. Desarrollo del esqueje de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*.



A su vez se observó el caso contrario, donde el esqueje no tuvo un buen brote de hojas, pero si logro formar callogénesis en la parte inferior, esta situación se evidencia en la figura 13.

Figura 13. Desarrollo de callogénesis en esquejes de la uva Jaboticaba.



Nota. A. Desarrollo exterior del esqueje. B. Detalle de callogénesis. Fuente: elaboración propia, 2023.

Durante el proceso de propagación dentro del micro túnel, algunos tallos estaban a punto de iniciar su proceso de desarrollo de floración, por consiguiente, se presentó una particularidad

en algunos esquejes de la uva Jaboticaba, como se evidencia en la figura 14 el esqueje continuo con su proceso, logrando desarrollar parte inicial del fruto. Por el contrario, en el método de propagación convencional fuera de los micro túneles, el esqueje no continuo con el proceso de floración, el cual termino abortando y secándose poco tiempo después.

Figura 14. *Floración y desarrollo del fruto de la uva Jaboticaba Myrciaria cauliflora.*



Nota. A. Floración en el esqueje. B. Desarrollo del fruto de la uva Jaboticaba. Fuente: elaboración propia, 2023.

Los resultados de propagación fuera del micro túnel fueron similares, el sustrato denominado mineral fue superior con un 35 % frente a un 31,6 % con brotes de hojas; pero, el porcentaje de viabilidad de los esquejes fueron muy bajos a comparación de la metodología implementada con micro túneles; sin embargo, en el sistema se obtuvo una particularidad, en la cual, los porcentajes de esquejes viables fueron similares entre los dos sustratos, por lo que se les otorgo una hidratación constante dos veces al día o por medio de las condiciones ambientales que se presentaban en el sitio donde se realizó el ensayo.

Tabla 2. Resultados del muestreo de los esquejes fuera de los micro túneles.

Ítem	Fuera micro túnel (sustrato mineral)					Fuera micro túnel (sustrato orgánico)				
	R1	R2	R3	%	R4	R5	R6	%		
Esquejes	20	20	20	100	20	20	20	100		
Brote de hojas	3	7	11	35	2	6	11	31,6		
Brote de raíz	0	2	7	15	0	1	6	11,6		
Esquejes viables	3	8	14	41,6	2	7	13	36,6		
% viabilidad	41,6	15	40	70	36,6	10	35	65		

Nota. Tabla con los resultados de las réplicas de la selección de esquejes fuera del micro túnel. Fuente: elaboración propia, 2023.

En la figura 15 se evidencia el desarrollo de propagación de los esquejes fuera del micro túnel, con los diferentes sustratos implementados en el experimento.

Figura 15. Desarrollo de los esquejes fuera del micro túnel.

Nota. A. Esquejes con sustrato “mineral”. B. Esquejes con sustrato “orgánico”. Fuente: elaboración propia, 2023.

4.1 Análisis de varianza

En las tablas 3 y 4 se puede evidencia el análisis de varianza de un factor (ANOVA) con un grado de significación del 95 % el cual es implementado para sistemas agropecuarios; en la que F es superior al valor crítico de F por tal motivo se rechazó la hipótesis nula.

Tabla 3. Resumen de datos de temperatura del análisis de varianza de un factor.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. Dentro del micro túnel. Mañana	98	1887	19,26	1,43
T. Fuera del micro túnel. Mañana	98	1733,4	17,69	0,66
T. Dentro del micro túnel. Medio día	98	3621,4	36,95	6,75
T. Fuera del micro túnel. Medio día	98	2589	26,42	4,48
T. Dentro del micro túnel. Tarde	98	2437	24,87	2,06
T. Fuera del micro túnel. Tarde	98	1888,1	19,27	1,34

Tabla 4. Análisis de varianza de la temperatura.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	25393,30	5	5078,66	1821,44	0	0,23
Dentro de los grupos	1622,77	582	2,79			
Total	27016,072	587				

La hipótesis principal que hace énfasis a el trabajo es que la hay diferencias significativas en los datos de las temperaturas obtenidas durante las catorce semanas que duro la investigación, por lo que se evidencia en la tabla 4 que la variable F es superior al valor crítico de F por tal motivo

se aprueba la hipótesis alternativa de que los datos de temperaturas tuvieron diferencias significativas dentro y fuera del método de micro túneles y se rechaza la hipótesis nula de que no al menos en dos de los parámetros tomados no hubo datos con gran diferencia significativa con una probabilidad de 0.

Se puede evidencia el análisis de varianza de un factor (ANOVA) F es superior al valor critico de F por tal motivo se rechaza la hipótesis nula. En las tablas 5 y 6 se puede evidenciar el resumen de los datos y el análisis los resultados obtenidos de varianza de un factor.

Tabla 5. *Resumen de datos de humedad en el análisis de varianza de un factor.*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Hr. Dentro del micro túnel. Mañana	98	8556	87,31	17,43
Hr. Fuera del micro túnel. Mañana	98	6696	68,33	14,51
Hr. Dentro del micro túnel. Medio día	98	8879	90,60	37,36
Hr. Fuera del micro túnel. Medio día	98	7487	76,40	22,08
Hr. Dentro del micro túnel. Tarde	98	7635	77,91	40,31
Hr. Fuera del micro túnel. Tarde	98	7689	78,46	55,88

Tabla 6. *Análisis de varianza de la humedad relativa.*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	31517,83	5	6303,57	201,64	1,77	0,23
Dentro de los grupos	18193,84	582	31,26			
Total	49711,67	587				

En otra de las hipótesis principales que hace énfasis a el trabajo es que la hay diferencias significativas en los datos de humedad relativa obtenidas durante las catorce semanas que duro la investigación, por lo que se evidencia en la tabla 4 de que la variable F con 201,64 es superior al

valor crítico de F de 0,23 por tal motivo se aprueba la hipótesis alternativa de que si hubo diferencias significativas en los datos obtenidos en los tres muestreos diarios durante las catorce semanas que duro la investigación y se rechaza la hipótesis nula de que los datos obtenidos dentro del micro túnel con respecto a la humedad relativa son similares a los que se tomaron a fuera de sistema implementado con una probabilidad del 1,77.

5. Discusión

Los resultados muestran que la propagación de los esquejes de uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* tuvieron una buena adaptación y resistencia a las condiciones de enraizamiento otorgadas con el método de micro túnel, obteniendo un porcentaje de viabilidad de los esquejes que oscilaron entre un 77 y 90 % en el tercer y último muestreo realizado a las catorce semanas, utilizando los dos tipos de sustratos, el denominado “orgánico”, combinado con tierra de cafetal y compostaje de plantas aromáticas y el otro designado “mineral”, compuesto de compostaje de plantas aromáticas y arena; según lo reportado por (Alberto da Silva , y otros, 2018) el esquejado es una técnica de propagación que ha mostrado una tasa de enraizamiento considerada baja en árboles de Jaboticaba, que oscila entre el 2,6 y el 66,6 %; además, citaron de (Sasso, CITADÍN, & DANNER, 2010) que los estudios indicaron que el mayor enraizamiento se promovió con el uso de esquejes de madera blanda, que requiere altas concentraciones de ácido indol-butírico (IBA) y una estructura con alta humedad en el sustrato y en los esquejes deben tener hoja. El uso de nebulización intermitente y el calentamiento uniforme del sustrato también son buenos, agregado a lo anterior, con el método utilizado de micro túneles no fue necesario la aplicación de hormonas de enraizamiento en los esquejes para obtener buenos porcentajes de viabilidad, por consiguiente, se podría implementar la aplicación del ácido indol- butírico con el sistema de micro túneles para aumentar el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de uva Jaboticaba.

(Danner, y otros, 2006) estudio el método de enraizamiento por acodo aéreo, en el experimento observó que la mejor época para realizar el aporque en Jaboticaba era diciembre, se podía prescindir del uso de AIB. Esto pudo deberse al alto metabolismo de las plantas, que en esta época se encuentran en pleno crecimiento vegetativo y tienen suficientes concentraciones endógenas de auxina para promover el enraizamiento; también menciona que puede deberse a

haber producido una orientación de los carbohidratos hacia la rizogénesis, a diferencia de los meses anteriores, en los que la mayor demanda de fotoasimilados se dirigía hacia la formación de frutos. Sin embargo, las raíces se ven externamente al sustrato después de 180 días, a partir de esto, señalan que el acodo aéreo se puede hacer en cualquier época del año, excepto cuando hay ocurrencia de floración o fructificación. Con base en estos resultados, (Danner, y otros, 2006) afirmaron que el acodo aéreo es un método eficiente para la propagación asexual de Jaboticaba. Se hace necesario resaltar, que se tardaron aproximadamente 180 días para obtener resultados de enraizamiento con la técnica de acodo aéreo, mientras que con el método implementado en esta investigación por medio de micro túneles se consiguieron dar resultados favorables en tan solo catorce semanas, es decir, en tan solo 98 días con un porcentaje de viabilidad del esqueje del 90 %, sin la necesidad de la aplicación de AIB.

(Alberto da Silva , y otros, 2018) citaron de (Sampaio, 1984) que se realizaron dos observaciones con el fin de propagar el sabarazeiro (*Myrciaria Jaboticaba Berg*) mediante injerto. El injerto en verano sobre plántulas mostró una tasa de éxito del 30,5 %; si se realizaba en otoño e invierno sobre plántulas de la misma especie la tasa de injerto rondaba el 80 %. Por consiguiente, se puede insinuar que la época de recolección de los esquejes y la implementación de los diferentes métodos de reproducción del árbol de uva Jaboticaba son importantes tenerlos en cuenta, de estos dependerá en gran medida el porcentaje de viabilidad y eficiencia al momento de la multiplicación.

De este modo, se puede inferir que con un poco más de tiempo se pueden obtener resultados más favorables en la propagación de la uva Jaboticaba por lo que, todavía hay varias variables por mejorar, como el sustrato, la aplicación de reguladores de enraizamiento, la metodología que sea más factible para la planta, las épocas más eficientes para realizar el procedimiento de extracción

de esquejes y por último, los parámetros más adecuados para conseguir que los esquejes tengan un mayor rendimiento en el desarrollo de raíz.

Según (Gárate Díaz, 2010) y (Pijut, Charles , & Woeste, 2011), los principales factores que influyen en el éxito del enraizamiento del explante, es el estado nutricional y fisiológico de la planta madre, la longitud y diámetro de las estacas, la presencia de hojas y yemas, la aplicación de tratamientos hormonales y adecuadas condiciones ambientales de iluminación, temperatura del aire y del sustrato, humedad relativa, humectación del sustrato y el tipo mismo de sustrato, para la inducción del enraizamiento. Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los principales factores que pudo propiciar un alto porcentaje de enraizamiento en el material de uva Jaboticaba fue el método de micro túnel empleado, se mantuvieron en su mayoría las condiciones favorables mencionadas anteriormente, logrando un porcentaje del 77 al 90 % de viabilidad de los esquejes en tan solo catorce semanas resaltando además, que no se utilizaron tratamientos hormonales en los que probablemente los resultados hubieran sido aún mayores a los que se obtuvieron en esta investigación.

En cuanto a las condiciones ambientales la iluminación, temperatura y humedad relativa, se puede considerar que fueron adecuadas para el experimento, como lo indica (Gárate Díaz, 2010), la intensidad y calidad de la luz influyen en el desarrollo de los esquejes, y la regulación del factor se realiza a través del uso de coberturas negras o poli sombras, como la empleada en el experimento. La sombra juega un papel importante durante el proceso de propagación, (BERNAL ROZO, 2014) cita de (Soudre 2010), el cual reporta que el uso del tipo de cubiertas son favorables para la adaptación del esqueje, evita su desecación por las altas temperaturas y el consecuente incremento en la tasa de evapotranspiración, permiten un mejor control del grado de luz y la temperatura de la zona. Algunas auxinas como el ANA son afectadas por la luz siendo degradada,

la sombra, por el contrario, estimula la producción de auxinas que son indispensables para el proceso (Taiz & Zeiger, 2006).

(Sasso, CITADÍN, & DANNER, 2010) menciona de otros autores que la temperatura entre 30 y 35 °C, es favorable para el enraizamiento, obteniendo una tasa máxima de esquejes viables del 60 %; del mismo modo, mencionan que con temperaturas controladas (mínimo 15°C y máximo 28°C), estas que cuenten con un sistema de calefacción y refrigeración, humedeciéndolos diariamente con un pulverizador, el porcentaje alcanzado fue del 50 % de enraizamiento; se hace necesario resaltar, que además de mantener una temperatura y humedad relativa controladas aplicaban un estimulante radicular en diferentes concentraciones con un esquema factorial 5x 2, consistente en cinco concentraciones de AIB (cero; 2.000; 4.000; 6.000 y 8.000 mg por litro de agua para aumentar el porcentaje de viabilidad de los esquejes. No obstante, en la metodología implementada con los micro túneles se mantuvieron en promedio temperaturas de 19,3°C en las primeras horas del día, durante el medio día se obtuvieron temperaturas promedio de 37 °C y al final del día terminaban en 25 °C; el mismo sistema mantiene un ambiente favorable de humedad relativa y temperatura que los esquejes necesitan para desarrollar su proceso de enraizamiento durante las catorce semanas que duro el ensayo, en otras palabras, no hubieron cambios significativos de temperatura y humedad, como lo suelen haber habitualmente con los cambios climáticos en las condiciones ambientales a libre exposición. Se resalta en esta metodología que se presentaron temperaturas que superaron los 40°C dentro del micro túnel, por lo que fue necesario aumentar su protección contra los rayos U.V. con una poli sobra del 65 %, por lo que se estaban secando las esquinas de las bandejas en menor tiempo, retrasando su proceso de desarrollo, por lo que no mantenía su humedad suficiente para conseguir el proceso.

El tipo de sustrato también juega un papel importante en el proceso de enraizamiento, debe tener un buen porcentaje de aireación para que las raíces dispongan de oxígeno, favoreciendo los procesos de división celular y por tanto su fácil penetración y crecimiento en el sustrato (Schafer & Lerner, 2022), agregando a lo anterior, mencionan de igual manera que los principales materiales utilizados en sustratos, como básicos y/o complementarios en el mundo son la turba, fibra de coco, fibra de madera, corteza, vermiculita, perlita y arcilla expandida. En Brasil, donde es originaria la uva Jaboticaba, debido a la disponibilidad regional, los principales materiales utilizados son fibra de coco, corteza de pino y eucalipto compostada, turba, cáscara de arroz carbonizada, vermiculita, perlita y arcilla expandida. En algunos sistemas de producción de plántulas, como el mantenimiento de jardines clonales, la arena se utiliza sola o en mezclas a menor escala. En sistemas de producción de baja tecnificación también se utiliza el suelo, principalmente por su disponibilidad y fácil adquisición.

En el sistema de micro túneles, la arena tuvo un papel determinante en el sustrato implementado, por lo que ayudaba en gran medida a que la absorción de nutrientes, que la retención de humedad fuera la apropiada sin que permaneciera por mucho tiempo, solamente lo justo y necesario para evitar la proliferación de algún tipo de plaga o enfermedad que afectaran la sanidad de los esquejes, logrando así, que el sustrato fuera favorable en el proceso de desarrollo del enraizamiento; a su vez, se logró de esta manera obtener una homogenización apropiada con el compostaje de post destilación de plantas aromáticas, en el cual se logra obtener un porcentaje de efectividad con el sustrato denominado “mineral” del 90 % de esquejes viables durante las catorce semanas que duro el ensayo.

Según lo observado todo depende de la humedad e hidratación que mantenía cada sustrato, por lo que, el sustrato orgánico filtraba rápidamente el agua y no le permitía hacer retención como

en el caso del sustrato mineral que si se demoraba más en que se secase el agua proporcionada; por lo que, se procedió a destapar cada tres días los micro túneles para hidratarlos. Por ser tan leñosos y no contar con suficientes hojas que les permitieran hacer un proceso de transpiración e hidratación con la misma humedad que generaban de los micro túneles.

En la semana catorce donde se realizó el último muestreo del 10 % de los esquejes que se encontraban dentro de los dos micro túneles se obtuvo entre un 40 a 60 % formación del callo, en la última semana del experimento. Esto se debe a que, en la mayoría de los casos, la formación del tejido meristemático es independiente a la formación de raíces, por lo tanto, algunos esquejes pueden formar raíces directamente de los tejidos del vástago (Hartman & Kester, 1998). Sin embargo, es importante considerar que la formación de callo en los esquejes es una respuesta a la alteración que sufre el esqueje por el corte, el cual genera un recubrimiento en la parte inferior para que no le entre algún tipo de plaga o enfermedad, obligándolo a emitir raíz en el menor tiempo posible, además el callo es un buen indicador de que las condiciones en que estuvieron fueron las indicadas para el proceso de rizogénesis. En un estudio realizado en propagación de esquejes de té (*Camellia sinensis*) (BERNAL ROZO, 2014) citaron de (Koyuncu y Balta, 2004) que encontraron que la formación de raíces adventicias puede iniciar en el callo y generalmente preceden a la iniciación de raíces, sin embargo otro grupo de estacas de té con poca o sin presencia de callo también conduce a la formación de raíces adventicias.

En las etapas de enraizamiento de los esquejes de la uva Jaboticaba se presentaron diferencias en cuanto al tiempo que transcurrido dentro y fuera de los micro túneles, en el primer muestreo realizado a los 42 días, ya se presentaron resultados favorables del 3 % del callado de los esquejes dentro del micro túnel con sustrato mineral frente al 0 % fuera de él, en el segundo realizado a los 70 días, se obtuvieron porcentajes de callogénesis del 30 al 45 % dentro del método

implementado, frente a un 12 y 22 % fuera de ellos, en el tercer y último muestreo realizado a tan solo llevaba 98 días de propagación, se observa ya una diferencia significativa con la implementación del método obteniendo porcentajes del 55 y 76 % dentro, frente a un 30 y 41 % de esquejes con callogénesis fuera de los micro túneles, Un ejemplo claro de la eficiencia que se presentaba con la implementación del método, utilizando solamente la mitad del tiempo que utilizó (Danner, y otros, 2006) con la incorporación aun de estimulantes de enraizamiento que tardó alrededor de 180 días; en cuanto a las pérdidas de los esquejes estuvieron asociadas al estrés por la transpiración acelerada de las plantas que redujo su supervivencia, o algún otro tipo de inconveniente para que estos esquejes no desarrollaran su proceso de propagación en el transcurso de las catorce semanas,, no mostraron ningún brote o indicio de su progreso, algunos de ellos continuaban con su textura y color verde, aunque se obtuvieron pérdidas del 6 al 16,6 % dentro de los micro túneles y entre un 20 al 30 % fuera del método implementado, Por lo que el rendimiento de propagación fue más eficiente dentro que fuera de los micro túneles.

6. Conclusiones

A partir de los sustratos utilizados denominados mineral y orgánico, los resultados obtenidos por el análisis de suelos fueron positivos, por su gran contenido de materia orgánica y nutrientes como el potasio, que posee gran influencia en el proceso de crecimiento al igual que el fósforo que estimula el desarrollo radicular y que requieren en gran demanda las plantas para la fijación biológica del nitrógeno; estos elementos son necesarios para que los esquejes mostrarán el porcentaje de viabilidad favorable en la investigación, por lo que el mejor sustrato de la evaluación realizada en los micro túneles fue el denominado mineral, aunque arrojaran resultados similares en el análisis físico químico, este sustrato retuvo mejor la humedad, parámetro fundamental en los resultados obtenidos en el proyecto.

Las variables de temperatura y humedad relativa evaluadas y analizadas durante el proceso de la investigación en la metodología por micro túneles fueron esenciales para la obtención de los resultados, dentro del micro túnel las dos variables fueron superiores a las que se encontraban fuera de ellos, logrando así en promedio temperaturas de 37°C con una humedad relativa del alta del 99 %. Deduciendo de esta manera que, al elevarse estas dos variables, el esqueje desarrollará un rápido y adecuado proceso radicular; además se consiguieron resultados favorables en menor tiempo a comparación con las anteriores investigaciones de multiplicación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*.

El método de micro túnel implementado en el trabajo de grado fue satisfactorio, logrando la reducción hasta de un 46 % en los tiempos de propagación de los esquejes, frente a las otras técnicas implementadas hasta el momento como el acodo aéreo, la cual según lo investigado fue la que mayor resultado de efectividad había tenido, en la que además se incorpora el uso de

hormonas promotoras de raíz para acelerar el proceso de propagación; por consiguiente, fue positivo por lo que no se implementaron hormonas y aun así los tiempos fueron menores respecto a la otra metodología consultada.

La técnica implementada por micro túneles arrojó excelentes resultados en la disminución del proceso de propagación, por medio de un seguimiento a los esquejes de acuerdo a los tiempos estipulados en la metodología de la investigación realizada. Además, es un sistema económico, práctico y fácil de realizar; es necesario resaltar que las nuevas metodologías que se encuentran en exploración deben ser ajustadas y mejoradas día a día, para logros favorables a corto plazo. Concluyendo de esta manera y según la investigación realizada en la literatura y la evaluación del micro túnel, no es posible determinar el método más eficiente en la propagación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora*, pero si destacar que el micro túnel arrojó excelentes resultados sin necesidad de hormonas estimulantes de enraizamiento y en un periodo de tiempo más corto que los demás métodos mencionados en este proyecto.

7. Recomendaciones

Según la investigación realizada en el presente trabajo existen metodologías para reducir el tiempo de propagación de distintos cultivos y en el caso de la uva Jaboticaba *Myrciaria clauliflora*, que sus esquejes son muy leñoso y complicados de multiplicar; es por ello que se recomienda para una futura investigación, probar cómo funcionan los micro túneles con esquejes de el árbol con la adición de hormonas reguladoras de enraizamiento; por lo que, si ya se obtuvieron resultados positivos sin estos reguladores, se podría inferir que con la adición de estos reguladores el porcentaje de viabilidad de los esquejes propagados serán más altos, en un periodo de tiempo aún más corto.

Se recomienda de igual manera mantener la humedad e hidratación del sustrato y de los esquejes dentro del sistema de micro túnel, es una variable significativa en el momento de obtener resultados positivos, por lo que en el trascurso de la investigación tanto los esquejes como el sustrato donde se encontraban se deshidrataron, causando en gran parte retaso en su desarrollo de propagación y la muerte en algunos esquejes; por lo que se optó por destaparlos cada cuatro días para hidratarlos, pero esto retrasa más el tiempo en desarrollarse por lo que el proceso no es continuo; por esto se recomienda que en futuras investigaciones se le realicen mejoras en el procedimiento implementado en el trabajo, en el cual se asegure la hidratación optima de los esquejes.

Otra recomendación importante para resaltar en esta investigación es que no se realizó el seguimiento de los esquejes de la uva Jaboticaba fuera del periodo de evaluación del trabajo durante las catorce semanas, por lo que, se podría observar y analizar la ampliación de estos tiempos para evaluar que sucede con los esquejes que se quedaron solamente con el brote de hojas

y no alcanzaron a desarrollar su sistema radicular, si estos mueren al cabo de unas semanas o si por lo contrario se demoran más tiempo en propagarse por alguna razón específica o del medio en el que se encuentra el esquejes, entrando a analizar cuales son los esquejes mas factibles y que tardan menor tiempo en enraizar; logrando una nueva investigación en las cuáles se darían las dimensiones y especificaciones necesarios para obtener un porcentaje de viabilidad más eficiente en la propagación de la uva Jaboticaba *Myrciaria cauliflora* con el método de micro túneles estudiado.

Por último, para futuras investigaciones similares al estudio ejecutado en el documento, se recomienda realizar un análisis estadístico para validar de forma satisfactoria los resultados obtenidos durante toda la evaluación.

Bibliografía

- Alberto da Silva , J. A., de Almeida Teixeira, G. H., Geraldo Martins, A. B., Citadin, I., Wagner Júnior , A., & Andriago Danner, M. (2018). Advances in the propagation of Jaboticaba tree. *Revista brasileira de fruticultura*, 16.
- Alvarado, Ojeda, A., & Levet, Cuminao, O. (2014). *MANUAL DE PROTOCOLOS DE PRODUCCIÓN DE ESPECIES UTILIZADAS POR EL PROGRAMA DE ARBORIZACIÓN*. Santiago de Chile; Maval Ltda.
- Álvarez, Herrera, J. G., Rodríguez, S. L., & Chacón, E. (2007). Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis L.*). *Scielo*, 7.
- Alvarez, M. (2011). *Multiplicación de plantas* . Buenos Aires : Albatros SACI.
- BERNAL ROZO, A. M. (2014). *EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE DOS CULTIVARES DE ROMERO (Rosmarinus officinalis L.) CRESPO E ISRAELÍ* . Bogotá : UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- Botero, F. D. (2016). *APROVECHAMIENTOS DE LA JABOTICABA (Myrciaria cauliflora)*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, FACULTAD DE TECNOLOGÍA.
- CANNA. (2023). CANNA. Obtenido de https://www.canna.es/reguladores_del_crecimiento_vegetal
- CENIVAM. (2023). CENIVAM. Obtenido de <http://quim.uis.edu.co/eisi/grupo/cenivam/#views/gm34/investigacion/produccion>
- Conciencia Eco. (19 de Julio de 2013). *Conciencia Eco*. Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2013/07/19/que-es-el-compostaje/>

Congreso de la República . (13 de Abril de 2012). *Función Pública* . Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=47040

Congreso de la República. (28 de Mayo de 2018). *Función Pública*. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=86580

Danner, M. A., Citadin, I., Fernandes Junior, A. D., Assmann, A. P., Mazaro, M. S., Donazzolo, J., & Sasso, S. A. (2006). Enraizamiento de Jaboticaba por acodo aéreo . *SciELO*, 3.

Educalingo. (2023). *Educalingo*. Obtenido de <https://educalingo.com/es/dic-pt/alporque>

Espinosa, M. A. (2019). *UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS*. Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1508/EVALUACION%20DE%20DOS%20SUSTRATOS%20Y%20SUS%20MEZCLAS%2C%20PARA%20LA%20PROPAGACION%20DE%20TOMATE%20%28SOLANUM%20LYCOPERSICUM%29%20TIPO%20CHONTO%20DE%20CRECIMIENTO%20INDETERMINADO%2C%20BAJO%20C>

FAO Dirección de Producción y Protección Vegetal 90. (2002). Obtenido de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN: <https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm#TopOfPage>

Figueroa Villasagua, M. N. (2022). *Plantas con principios alelopáticos utilizados en el manejo integrado*. Babahoyo - Los Ríos - Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.

Gárate Díaz, M. H. (2010). *TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR ESTACAS*. UCAYALI-PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA.

Google Earth . (11 de 11 de 2023). *Google Earth*. Obtenido de [https://earth.google.com/web/@6.16932253,-](https://earth.google.com/web/@6.16932253,-73.51609954,1876.62767355a,698.76100046d,35y,10.68181564h,0.77130134t,0r/data=OgMKATA)

[73.51609954,1876.62767355a,698.76100046d,35y,10.68181564h,0.77130134t,0r/data=OgMKATA](https://earth.google.com/web/@6.16932253,-73.51609954,1876.62767355a,698.76100046d,35y,10.68181564h,0.77130134t,0r/data=OgMKATA)

Hartman, H., & Kester, D. (1998). *Propagación de plantas Principios y Prácticas*. México : Compañía Editorial Continental, S.A de C.V.

Hernández Amasifuent, A. D., & Díaz Pillasca, H. B. (2019). In vitro induction of embryogenic callus from anther culture in “yellow potato” *Solanum goniocalyx* Juz. & Bukasov (Solanaceae). *Scielo*, 10.

ICA. (21 de Enero de 2003). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/27356680-bbc6-4e12-b757-1b62ac5b9068/2003R150.aspx>

ICA. (6 de Noviembre de 2009). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/res-4174-de-2009.aspx#:~:text=programa%20para%20la%20protecci%C3%B3n%20fitosanitaria,f%C3%ADsicos%20sobre%20el%20control%20qu%C3%ADmico>.

ICA. (26 de Agosto de 2009). *Instituto Colombiano Agropecuario* . Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/2020/2020R78006/2009R3180.pdf.aspx?lang=es-CO>

ICA. (07 de Septiembre de 2015). *Instituto Colombiano Agropecurio*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx#:~:text=NUEVO%20PA%C3%8DS->

,%22Por%20medio%20de%20la%20cual%20se%20reglamenta%20y%20controla%20la, fitomejoramiento%20y%20se%20dictan%20otras

ICA. (21 de Agosto de 2019). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/2dbc5167-bfa8-4d9f-a1ab-916442d24df9/2019R12816.aspx>

ICA. (27 de Mayo de 2020). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/14d518e8-7f1d-4867-819c-b0ec3828f847/2020R68370.aspx>

ICA. (25 de Noviembre de 2020). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/56d15d28-b186-498e-bc07-7a6fcf65fb2c/2020R78006.aspx#:~:text=Establecer%20los%20requisitos%20para%20el,fin%20de%20garantizar%20su%20calidad.>

Inecol. (2017). *Inecol Instituto de Ecología A.C.* Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/996-evapotranspiracion-proceso-esencial-e-invisible>

InfoAgro. (02 de Abril de 2022). *InfoAgro*. Obtenido de <https://infoagro.com.ar/como-cuidar-la-huerta-de-las-tormentas-los-vientos-y-las-heladas/>

Invima. (2019). RESOLUCIÓN 12816 DE 2019. 30. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/2dbc5167-bfa8-4d9f-a1ab-916442d24df9/2019R12816.aspx>

M. Santos, B., A. Obregón, H., & Salamé, D. T. (2018). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. *Universidad de California en Davis*, 7.

Miserendino, E. (2011). *MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN ME MICRO TÚNELES*. Bariloche: INTA.

Naciones Unidas. (22 de Mayo de 2022). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention>

Osuna Fernández, H. R., Osuna Fernández, A. M., & Fierro Álvarez, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.

Parra, C. (2014). Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. *SciELO*, 17.

Pérez Leal, F. (2017). *FISIOLOGIA VEGETAL*. Pucallpa, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

Pérez Porto, J., & Merino, M. (11 de Febrero de 2020). *Definición. DE*. Obtenido de <https://definicion.de/higrometro/>

Perla, Z. (23 de Enero de 2017). *Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/230117/>

Pijut, P., Charles , H. M., & Woeste, K. (2011). *Promotion of Adventitious Root Formation of Difficult-to-Root Hardwood Tree Species*. West Lafayette: Horticultural Reviews.

Pinzón Pinzón. (2022). *¿Cómo obtener el registro sanitario Invima paso a paso?* Obtenido de pinzonpinzon.com: <https://www.pinzonpinzon.com/como-obtener-el-registro-sanitario-invima-paso-a-paso/>

Quimicompany. (2023). *Quimicompany*.

- Real Academia Española . (15 de Febrero de 2019). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://www.rae.es/dhle/termohigr%C3%B3metro>
- ROZO, A. M. (2014). *EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE DOS CULTIVARES DE ROMERO (Rosmarinus officinalis L.) CRESPO E ISRAELÍ* . Bogotá D.C: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- Sampaio, V. (1984). Propagação por enxertia do sabarazeiro (Myrciaria jáboticába berg). *Scielo Brasil*, 6.
- Sasso, S. A., CITADÍN, I., & DANNER, M. A. (2010). Propagación de la Jaboticaba por esquejes. *Scielo*, 7.
- Schafer, G., & Lerner, L. B. (2022). Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. *Scielo, Brasil* , 12.
- Sisaro, D., & Hagiwara, J. C. (2016). *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo*. Hurlingham, Argentina: INTA.
- Suárez, B. (21 de Abril de 2021). *ABC COLOR*. Obtenido de <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/la-reproduccion-sexual-y-asesual-446378.html>
- Taiz , L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Valencia, España.: Universidad Jaume I.
- Toto Meza, J. C., & Salazar Castro, R. (2018). El cultivo de guayabo en Colombia. *ICA*, 17.

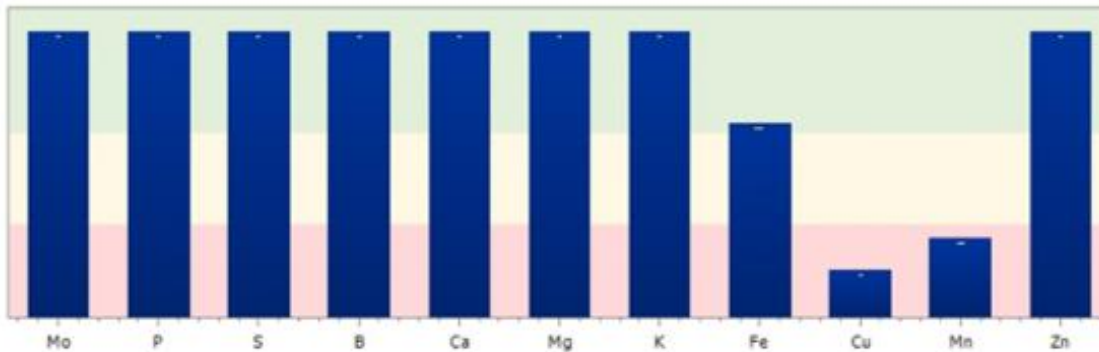
Apéndices

Apéndice A. Reporte de resultados de laboratorio sustrato orgánico

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO.	VALOR	INTERPRETACIÓN*
Determinación de pH (1,2,5)	Unidades de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6.55	Ligeramente ácido
Determinación de Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596 2008 Método B.	5.17	Moderadamente salino
Determinación de Carbono Orgánico	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.	8.68	No Aplica
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkley & Black	14.96	Alto
Determinación de Fósforo (P) disponible	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	124.60	Alto
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	63.76	Alto
Capacidad Interc. Catiónico Efect (CICE)	cmol(+) /kg	Cálculo	32.65	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.75	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+) /kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+) /kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+) /kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	23.35	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+) /kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	5.42	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+) /kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	3.80	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+) /kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	<0.14	Normal
Hierro (Fe) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526 2007 Método D.	50.84	Alto
Cobre (Cu) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526 2007 Método D.	<1.00	Bajo
Manganeso (Mn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526 2007 Método D.	4.18	Bajo
Zinc (Zn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526 2007 Método D.	9.48	Alto

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO.	VALOR	INTERPRETACIÓN*
Saturación de Calcio	%	Cálculo	72	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	17	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	12	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	0	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

GRAFICA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS



OBSERVACIONES: Resultado atípico para Carbono Orgánico

Observaciones: Ninguna.

- La información de la(s) muestra(s) entregada(s) al laboratorio fue(ron) suministrada(s) por el cliente, por tanto, el usuario del servicio es responsable de los datos reportados en relación con cada una de las muestras.
- Los resultados expresados en el informe se obtienen de la muestra tal como fue suministrada por el usuario del servicio.
- El cliente es responsable del muestreo y traslado de muestras al laboratorio, las muestras no son modificadas o alteradas en su composición desde la recepción y sus características son las reflejadas en el análisis.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia.

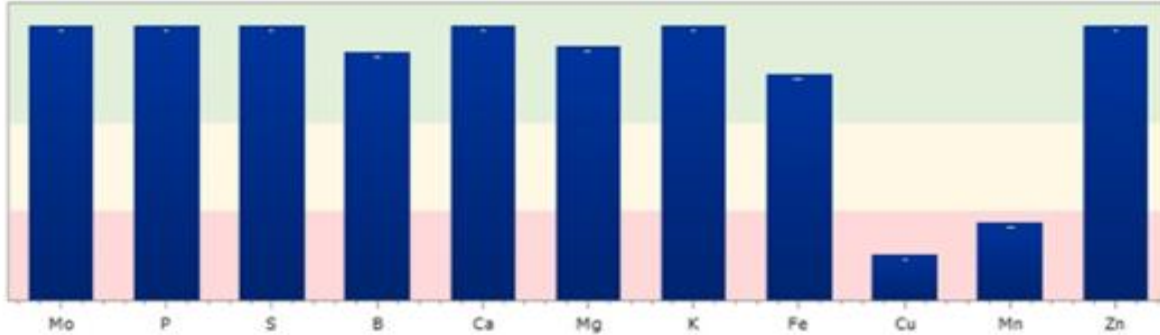
DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO.	VALOR	INTERPRETACIÓN*
Determinación de pH (1,2,5)	Unidades de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6.81	Casi neutro o neutro
Determinación de Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596:2008 Método B.	3.17	Muy ligeramente salino
Determinación de Carbono Orgánico	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.	5.64	No Aplica
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkley & Black	9.72	Alto
Determinación de Fósforo (P) disponible	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	97.04	Alto
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	45.96	Alto
Capacidad Interc. Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	21.22	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.54	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	15.66	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	3.27	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	2.21	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	<0.14	Normal
Hierro (Fe) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	61.51	Alto
Cobre (Cu) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	<1.00	Bajo
Manganeso (Mn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	4.27	Bajo
Zinc (Zn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	8.48	Alto

Apéndice B. Reporte de resultados de laboratorio sustrato mineral

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO.	VALOR	INTERPRETACIÓN*
Determinación de pH (1,2,5)	Unidades de pH	Acidez activa/pH en suelos GA-R-46, versión 06, 2021-10-25.	6.81	Casi neutro o neutro
Determinación de Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596:2008 Método B.	3.17	Muy ligeramente salino
Determinación de Carbono Orgánico	g/100g	Determinación de Carbono orgánico en suelo GA-R-119 versión 4, 2021-10-25.	5.64	No Aplica
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkley & Black	9.72	Alto
Determinación de Fósforo (P) disponible	mg/kg	Fósforo disponible en suelos GA-R-48, versión 07, 2021-10-25.	97.04	Alto
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	45.96	Alto
Capacidad Interc. Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	21.22	Alta
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.54	Alto
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	15.66	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	3.27	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	2.21	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50 versión 9, 2021-10-25.	<0.14	Normal
Hierro (Fe) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	61.51	Alto
Cobre (Cu) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	<1.00	Bajo
Manganeso (Mn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	4.27	Bajo
Zinc (Zn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007 Método D.	8.48	Alto

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO.	VALOR	INTERPRETACIÓN*
Saturación de Calcio	%	Cálculo	74	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	15	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	10	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	0	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

GRAFICA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS



OBSERVACIONES: Resultado atípico para Carbono Orgánico

Observaciones: Ninguna.

- La información de la(s) muestra(s) entregada(s) al laboratorio fue(ron) suministrada(s) por el cliente, por tanto, el usuario del servicio es responsable de los datos reportados en relación con cada una de las muestras.
- Los resultados expresados en el informe se obtienen de la muestra tal como fue suministrada por el usuario del servicio.
- El cliente es responsable del muestreo y traslado de muestras al laboratorio, las muestras no son modificadas o alteradas en su composición desde la recepción y sus características son las reflejadas en el análisis.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia.

Apéndice C. Recopilación de datos de temperatura y humedad dentro y fuera de los micro túneles durante las catorce semanas

Fecha	H. Toma Nº1	Temperatura °C		Humedad %		H. Toma Nº2	Temperatura °C		Humedad %		H. Toma Nº3	Temperatura °C		Humedad %	
		IN	OUT	IN	OUT		IN	OUT	IN	OUT		IN	OUT		
29/05/2023	6:22 a.m.	17,8	16,4	86	64	12:02 p.m.	37,8	23,9	92	74	4:15 p.m.	24,2	20,8	82	79
30/05/2023	6:52 a.m.	18,6	17	88	77	12:10 p.m.	37,5	25,4	91	78	4:03 p.m.	24	20,8	82	78
31/05/2023	6:45 a.m.	17,6	16,5	85	65	12:08 p.m.	38,2	26,8	92	78	4:15 p.m.	24,1	20,7	81	77
1/06/2023	6:35 a.m.	18,2	17	90	66	12:11 p.m.	37,2	27,5	92	79	4:25 p.m.	24,2	20,8	82	78
2/06/2023	6:55 a.m.	19,6	18,2	92	70	12:05 p.m.	36,5	27,5	90	80	5:02 p.m.	24	20,6	80	77
3/06/2023	6:48 a.m.	18,1	17,1	84	68	12:02 p.m.	38,2	28,5	93	81	5:13 p.m.	25,6	20,6	77	77
4/06/2023	6:59 a.m.	18,6	17,4	82	65	12:01 p.m.	37,6	28	91	80	5:25 p.m.	25,4	20,4	78	75
5/06/2023	7:32 a.m.	22,5	18	94	69	1:13 p.m.	41	29,9	99	85	5:21 p.m.	26,9	21,2	85	79
6/06/2023	6:51 a.m.	18,5	17,3	81	65	12:53 p.m.	39,5	28,5	95	80	5:17 p.m.	26,5	20,2	85	74
7/06/2023	6:31 a.m.	17,9	16,5	80	68	12:44 p.m.	38,2	27,1	94	74	4:15 p.m.	26	20	84	74
8/06/2023	6:38 a.m.	18,1	17	85	66	12:30 p.m.	36,2	26,8	89	70	4:38 p.m.	24,5	19,8	77	71
9/06/2023	7:12 a.m.	20,6	18,6	87	70	12:35 p.m.	40	28,9	98	85	4:55 p.m.	26	19,9	80	72
10/06/2023	7:02 a.m.	20	19	86	74	12:38 p.m.	40,2	29,2	99	85	5:18 p.m.	26,3	19,8	81	72
11/06/2023	6:55 a.m.	20,5	18,5	88	70	12:55 p.m.	40,7	29,8	99	86	5:11 p.m.	26,6	19,9	81	73
12/06/2023	6:41 a.m.	19,6	17,9	84	66	12:42 p.m.	37,5	27,8	92	80	5:10 p.m.	25,6	19,7	77	72

13/06/2023	6:33 a.m.	18,7	17,5	83	65	12:40 p.m.	36,5	26,5	90	78	4:15 p.m.	25,6	19,8	76	72
14/06/2023	6:35 a.m.	19,8	18,1	82	68	12:38 p.m.	38,4	27,5	96	79	4:17 p.m.	26	19	84	71
15/06/2023	6:31 a.m.	18,9	18,4	81	68	12:41 p.m.	39,1	27,1	98	79	5:23 p.m.	26,2	19,8	84	72
16/06/2023	6:30 a.m.	19,6	18	80	65	1:17 p.m.	39,5	27,5	98	79	5:21 p.m.	26,5	19,8	84	71
17/06/2023	6:29 a.m.	19,8	18	83	64	12:43 p.m.	38,4	27,5	97	79	5:27 p.m.	26	19,6	80	71
18/06/2023	6:35 a.m.	19,2	18,2	84	66	12:12 p.m.	35	26,4	90	77	5:29 p.m.	22,8	18,2	75	91
19/06/2023	6:38 a.m.	19,3	19,3	86	69	1:25 p.m.	40,8	28,3	99	80	4:27 p.m.	26,6	18,9	80	91
20/06/2023	6:37 a.m.	19,6	18,6	88	68	12:33 p.m.	41,1	29	99	82	4:18 p.m.	26,9	18,9	80	92
21/06/2023	6:39 a.m.	19,6	18,8	92	68	12:23 p.m.	38,8	27,8	97	78	4:11 p.m.	26,1	18,6	80	90
22/06/2023	6:33 a.m.	19,1	18	90	65	12:43 p.m.	38,5	27,3	97	78	5:11 p.m.	26	18,1	80	90
23/06/2023	6:38 a.m.	19,5	18,1	92	64	1:30 p.m.	36,7	26,8	97	76	5:28 p.m.	25,5	18	76	90
24/06/2023	6:31 a.m.	19,5	18	90	63	12:23 p.m.	37,6	27	96	77	5:04 p.m.	25,7	18	77	90
25/06/2023	6:30 a.m.	17,6	16,3	82	62	12:10 p.m.	32,5	24,5	89	74	5:08 p.m.	22,9	17	66	94
26/06/2023	6:39 a.m.	18,2	17,1	81	64	12:15 p.m.	33,9	25	85	75	5:07 p.m.	23,5	17,5	68	94
27/06/2023	6:34 a.m.	18,6	17,8	85	66	12:13 p.m.	36,8	27	88	79	5:10 p.m.	24,2	17,6	69	94
28/06/2023	6:25 a.m.	17,9	16,5	79	61	12:22 p.m.	36,6	26,9	88	76	4:11 p.m.	25,6	18,3	70	88
29/06/2023	6:38 a.m.	18,4	17,8	80	64	12:15 p.m.	34,8	27,1	85	77	4:19 p.m.	25,1	18	70	82
30/06/2023	6:34 a.m.	17,8	16,2	78	65	12:11 p.m.	30,6	22,2	84	70	4:58 p.m.	22,6	17	67	92
1/07/2023	6:37 a.m.	17,7	16	84	66	12:18 p.m.	32,4	24	85	75	5:19 p.m.	24,6	20,7	82	71
2/07/2023	6:35 a.m.	18,1	16,8	85	63	12:16 p.m.	35,2	25,1	85	74	5:22 p.m.	24,2	20,8	83	71
3/07/2023	6:38 a.m.	18	17,5	83	64	12:24 p.m.	37,1	25,9	88	75	4:56 p.m.	24,9	20,7	83	71
4/07/2023	6:24 a.m.	17,8	15,9	80	72	12:22 p.m.	30,9	23,3	82	70	5:30 p.m.	22,2	20,1	69	71
5/07/2023	6:20 a.m.	17,6	16,6	81	75	12:19 p.m.	32,5	24	84	72	5:27 p.m.	22,8	20	69	70
6/07/2023	6:30 a.m.	18,2	16,8	83	72	12:34 p.m.	37,5	24,5	88	72	4:19 p.m.	23,2	19	69	88
7/07/2023	6:35 a.m.	18,6	17,2	85	66	12:38 p.m.	38,6	27,5	89	77	5:17 p.m.	23,4	19,2	70	88
8/07/2023	6:57 a.m.	19,6	17,9	88	63	12:35 p.m.	35,6	24,9	86	72	5:05 p.m.	24	19,5	71	88
9/07/2023	6:58 a.m.	19,8	18,2	90	68	12:33 p.m.	34,5	24,6	85	68	5:01 p.m.	23,6	19,1	70	87
10/07/2023	6:30 a.m.	19,6	17,6	92	77	12:13 p.m.	36,8	24,9	91	73	5:30 p.m.	22,2	19,9	91	72
11/07/2023	6:35 a.m.	19,9	18,1	93	70	12:27 p.m.	37,5	26	91	72	5:12 p.m.	24,5	21,8	91	76
12/07/2023	6:45 a.m.	19,7	18,7	90	72	12:33 p.m.	38,5	26,8	94	75	5:13 p.m.	24	20,1	81	75
13/07/2023	6:33 a.m.	19,9	18,5	92	72	1:13 p.m.	37,7	26,5	91	79	4:00 p.m.	23,5	19,7	83	72
14/07/2023	6:51 a.m.	20,6	18,6	93	74	1:12 p.m.	35,5	24,5	91	77	4:02 p.m.	23	19,6	77	72
15/07/2023	6:55 a.m.	21,9	18,9	94	72	12:23 p.m.	38,2	26,5	93	78	5:00 p.m.	25,8	20,5	79	72
16/07/2023	7:00 a.m.	21,1	18,1	93	70	1:33 p.m.	37	28	90	78	5:03 p.m.	25,4	20,2	78	73
17/07/2023	7:05 a.m.	20,8	18,2	92	71	12:53 p.m.	40,5	29,1	99	84	5:15 p.m.	26,8	20,8	84	74
18/07/2023	7:00 a.m.	20,6	18,6	94	72	12:43 p.m.	39,9	28	97	82	5:25 p.m.	26,2	20,3	83	75
19/07/2023	7:02 a.m.	20,4	18,4	94	72	12:38 p.m.	38,8	27,3	94	77	5:11 p.m.	26,6	20,1	83	76
20/07/2023	6:55 a.m.	20,3	18,3	92	71	12:52 p.m.	37,2	26,9	90	74	5:18 p.m.	25,1	19,9	80	72
21/07/2023	6:51 a.m.	20,2	18,2	91	70	12:50 p.m.	40,8	28,6	98	83	5:30 p.m.	26,5	20	82	76
22/07/2023	6:52 a.m.	20,6	18,4	93	72	12:47 p.m.	38,8	27,2	99	87	5:13 p.m.	26,5	19,7	81	72
23/07/2023	6:56 a.m.	20,9	18,3	92	73	12:22 p.m.	38,6	29,4	98	78	4:18 p.m.	26,6	19,8	82	75
24/07/2023	6:55 a.m.	20,5	18,2	91	70	1:25 p.m.	34,5	23,8	96	75	4:45 p.m.	24,6	18,2	80	68
25/07/2023	6:48 a.m.	20,6	18,6	94	73	12:53 p.m.	36,1	25,5	90	77	4:55 p.m.	25,8	18,5	76	73
26/07/2023	6:40 a.m.	20,2	18,2	92	72	12:47 p.m.	36,4	25,3	90	79	5:12 p.m.	26,5	19,1	82	70

27/07/2023	6:38 a.m.	20,1	18,1	91	69	12:55 p.m.	38,1	27,1	92	78	4:55 p.m.	26,1	19	82	74
28/07/2023	6:35 a.m.	19,6	17,6	89	70	12:30 p.m.	39,6	27,8	95	79	5:22 p.m.	26,2	19,4	81	75
29/07/2023	6:35 a.m.	19,8	17,8	89	71	12:32 p.m.	38	27,5	96	77	4:25 p.m.	26,4	19	81	73
30/07/2023	6:36 a.m.	19,6	17,6	88	72	12:43 p.m.	36	26,4	95	78	4:45 p.m.	22,9	17,2	72	85
31/07/2023	6:45 a.m.	20,6	18,6	92	74	12:23 p.m.	39,8	28,3	99	80	5:18 p.m.	26	18,1	84	91
1/08/2023	6:45 a.m.	20,6	18,8	91	69	12:54 p.m.	41,5	30	99	81	5:13 p.m.	26	18,2	83	80
2/08/2023	6:20 a.m.	20,5	18	92	66	12:41 p.m.	38	27,8	92	74	5:25 p.m.	26,8	18,5	84	83
3/08/2023	6:25 a.m.	19,9	17,9	90	68	12:42 p.m.	38,5	27	93	77	5:21 p.m.	27	18,8	84	85
4/08/2023	6:20 a.m.	18,8	17,8	88	67	12:13 p.m.	36,7	26,5	91	74	5:05 p.m.	25,8	18,2	78	84
5/08/2023	6:52 a.m.	18,6	16,6	87	63	12:17 p.m.	37,6	27,5	92	73	5:18 p.m.	25	18,9	78	85
6/08/2023	6:42 a.m.	18	16,8	88	65	12:22 p.m.	32,5	23,5	82	72	5:12 p.m.	22	17,8	64	92
7/08/2023	6:32 a.m.	17,6	16,6	86	66	12:19 p.m.	33,9	24,2	84	78	4:59 p.m.	23,6	17	62	90
8/08/2023	6:33 a.m.	18,6	17,8	88	66	12:25 p.m.	36,8	27,5	88	79	5:17 p.m.	23,2	17,1	62	90
9/08/2023	6:32 a.m.	18,5	18,1	87	66	12:24 p.m.	36,5	26,2	87	76	5:28 p.m.	25	17,8	72	86
10/08/2023	6:35 a.m.	18,6	17,3	88	65	1:25 p.m.	34,8	26,9	81	76	4:58 p.m.	24,1	17,5	71	85
11/08/2023	6:34 a.m.	18,8	17,8	84	69	1:15 p.m.	30,6	20,1	80	69	4:23 p.m.	23,6	17	68	70
12/08/2023	6:36 a.m.	19,4	18,8	85	68	12:43 p.m.	32,4	23	80	70	4:18 p.m.	24	20,7	82	71
13/08/2023	6:32 a.m.	19,6	17,4	84	63	12:23 p.m.	35,2	25,5	82	70	4:15 p.m.	23,2	20,3	82	72
14/08/2023	6:33 a.m.	19,5	17,3	84	66	12:55 p.m.	37,1	25,8	85	72	5:20 p.m.	25,9	20,8	81	73
15/08/2023	6:36 a.m.	19,6	18,5	86	68	1:01 p.m.	30,9	22,3	73	60	4:55 p.m.	21,2	16,5	68	70
16/08/2023	6:32 a.m.	18,6	18,2	87	64	1:14 p.m.	32,5	24,5	75	63	4:35 p.m.	23,8	18,5	67	83
17/08/2023	6:34 a.m.	18,4	17,4	86	63	12:09 p.m.	37,9	26,7	88	75	5:02 p.m.	23	18	65	85
18/08/2023	6:33 a.m.	18,3	16,8	83	65	12:16 p.m.	38,5	27,8	89	76	5:12 p.m.	24	19,2	75	86
19/08/2023	6:30 a.m.	17,6	16,5	89	66	12:19 p.m.	34,6	23,9	82	70	5:00 p.m.	23,1	18,9	71	85
20/08/2023	6:31 a.m.	17,2	16,3	87	66	12:22 p.m.	34,5	23,6	82	69	4:12 p.m.	23	19	70	80
21/08/2023	6:51 a.m.	18,5	17,1	88	68	12:41 p.m.	38,8	25,9	95	78	4:05 p.m.	23,2	18,8	75	75
22/08/2023	6:45 a.m.	18,9	17,9	89	75	1:17 p.m.	37,5	25,4	93	77	4:16 p.m.	23,5	18,7	76	75
23/08/2023	6:52 a.m.	18,1	17,1	90	66	1:03 p.m.	37,2	26,8	92	77	5:24 p.m.	24,1	19,7	81	76
24/08/2023	7:02 a.m.	17,1	15,8	85	77	1:05 p.m.	37,2	26,5	90	78	5:20 p.m.	24,3	20,5	82	77
25/08/2023	7:10 a.m.	17,5	16,2	86	61	1:30 p.m.	38,5	27,8	92	81	5:16 p.m.	24,5	20,6	83	76
26/08/2023	7:05 a.m.	17,9	16,9	85	68	1:21 p.m.	38,2	28,2	91	82	5:17 p.m.	25,7	20,9	83	76
27/08/2023	7:04 a.m.	18,6	16,8	88	69	1:25 p.m.	37,6	27,5	90	74	4:55 p.m.	24,8	19,9	80	74
28/08/2023	6:55 a.m.	18,2	17,2	82	71	1:01 p.m.	41,8	30	99	83	5:19 p.m.	27,9	20,2	84	78
29/08/2023	7:10 a.m.	19,4	18,4	84	73	12:37 p.m.	39,5	29,5	96	78	5:21 p.m.	26,4	19,2	85	74
30/08/2023	7:12 a.m.	19,6	18,3	85	72	12:43 p.m.	38,5	27,1	93	75	5:30 p.m.	26,9	19,5	85	76
31/08/2023	7:15 a.m.	20,6	18	88	71	12:58 p.m.	35,2	25,8	86	72	5:22 p.m.	23,5	17,9	72	70
1/09/2023	7:18 a.m.	21,2	18,2	91	72	12:47 p.m.	36	27	85	75	5:27 p.m.	26,1	19	83	74
2/09/2023	7:23 a.m.	21,9	18,3	93	74	1:21 p.m.	31,2	19,2	74	65	5:23 p.m.	24	18,3	80	71
3/09/2023	7:32 a.m.	22,6	18,9	94	74	12:25 p.m.	32,7	19,8	78	75	5:28 p.m.	25	18,9	82	73