

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN-MANAGUA

Monografía para optar el título de Ingeniero Agrónomo

Efecto de enraizadores y sustratos en esquejes para la producción de plantas de café

(Coffea arábica), Matagalpa, segundo semestre 2024

Autores:

Br. Ariel José García Arauz.

Br. Keyvin Osniel Castellon Miranda.

Tutor:

Dr. Francisco Javier Chavarría Arauz.

Matagalpa, Marzo del 2025

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer profundamente a Dios, por habernos brindado la inteligencia, la perseverancia y la pasión necesarias para alcanzar esta meta. Cada conocimiento adquirido, cada desafío superado, ha sido un regalo de su gracia.

A nuestros docentes, **PhD. Evelyn Calvo, PhD. Julio Laguna, PhD. Jairo Rojas**, quienes con su sabiduría y paciencia nos guiaron en este camino. Sus consejos y enseñanzas fueron fundamentales para nuestro desarrollo académico y personal. En especial al **PhD. Francisco Chavarría Aráuz**, cuyo compromiso y pasión por la enseñanza fueron una fuente constante de inspiración. Su dedicación no solo se reflejó en las aulas, sino también en su apoyo y orientación a lo largo de nuestra carrera, de igual manera queremos agradecer también a la Universidad Autónoma de Nicaragua CUR Matagalpa, por brindarnos la oportunidad y el espacio de crecer tanto personal como profesionalmente.

A **nuestras familias**, especialmente a **nuestros padres**, los cuales les debemos todo nuestro agradecimiento. Su amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido cruciales para nuestra formación personal y profesional. Gracias por creer en nosotros, por alentarnos a perseguir nuestros sueños y por estar siempre a nuestro lado, incluso en los momentos más difíciles. Este logro es también suyo.

Br. Keyvin Osniel Castellón Miranda

Br. Ariel José García Aráuz

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a **Dios** por brindarme salud, fuerzas y paciencia para enfrentar las distintas dificultades que se presentan día con día y por permitirme cumplir un nuevo propósito. A ti que todo lo puedes y todo sabes, encomiendo mi vida con fe y confianza, sabiendo que en tus manos está mi futuro.

A mis abuelitas, Reyna Margarita Sotelo Méndez y Pastora Leiva Mairena, porque ustedes son un regalo invaluable en mi vida. Su amor, su sabiduría y su ejemplo me han marcado de manera que no puedo describir con palabras. Gracias por las historias compartidas, por los abrazos que siempre reconfortan y por enseñarme el verdadero significado de la familia. Su fortaleza y ternura son una inspiración constante para mí, y cada momento a su lado es un tesoro que guardo con gratitud.

A mis padres, Rodrigo Humberto Castellón Sotelo y Lesvia Miranda Leiva, gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por apoyar mis sueños y hacerlos suyos, y por estar presente en cada paso del camino. Su amor y confianza me inspiran a dar lo mejor de mí. Todo lo que logre será siempre para honrar el esfuerzo y cariño que me han dado.

A mis tías, gracias por su apoyo incondicional y por animarme siempre a seguir adelante, su cariño y palabras de aliento siempre me llenan de fuerza y motivación.

A mis maestros, gracias por compartirme sus conocimientos, por su paciencia y por motivarme a crecer cada día. Su dedicación ha dejado una huella impórtate en mi formación.

Br. Keyvin Osniel Castellón Miranda

DEDICATORIA

A **Dios**, por brindarme salud, sabiduría, autocontrol y dominio propio en cada etapa de mi vida y en cada decisión tomada, por ser guía y nunca dejarme solo en el camino de la vida.

A **mis padres, Ariel José García López y Yorlene Melitza Aráuz Fonseca**, por la excelente educación, por las enseñanzas, regaños, consejos, por enseñarme el valor de cada momento, por hacer a un lado sus anhelos para cumplir los míos, todo en mi vida se los debo a ustedes, les estaré eternamente agradecido por haberme convertido en la persona que soy hoy en día.

A **mis abuelos**, por ser parte fundamental de mi vida y mi formación, gracias por su amor incondicional, por sus valiosas enseñanzas y por su ejemplo de superación.

A **mis maestros**, por su arduo trabajo en la formación de futuros profesionales, por dedicar su día a día en enseñarnos de manera incondicional, por su paciencia y sabiduría, por impulsarnos no solamente a ser excelentes profesionales, también a ser excelentes personas.

Finalmente, a cada persona que aportó en este largo camino: tíos, tías, hermano, familia en general, por el amor, apoyo y confianza que he recibido de cada uno de ustedes, este trabajo refleja la persona que soy gracias a tenerlos conmigo en este largo camino llamado vida.

Br. Ariel José García Aráuz

CARTA AVAL DE TUTOR

A través de este medio, el suscrito Francisco Javier Chavarría Aráuz, avalo la entrega y defensa de la tesis titulada *“Efecto de enraizadores y sustratos en esquejes para la producción de plantas de café (Coffea arábica), Matagalpa, Segundo semestre 2024”*. Realizado por los bachilleres: **ARIEL JOSÉ GARCÍA ARAÚZ**, carné #20608091; **KEYVIN OSNIEL CASTELLÓN MIRANDA**, carné #20607981.

Considero que el informe realizado por los bachilleres **GARCÍA** y **CASTELLÓN**, cumple con las normas establecidas por nuestra universidad para este tipo de modalidad de graduación. La misma tesis es un aporte muy valioso en la búsqueda de opciones de producción cafetalera de forma más sustentable.

Espero que sigan cosechando éxitos en su labor profesional.

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor de tesis

Matagalpa, 19 de marzo del año dos mil veinticinco.

Resumen

El proyecto experimental se desarrolló en la quinta San José, Matagalpa Nicaragua. Con la finalidad de evaluar efecto de diferentes enraizadores y sustratos en el desarrollo de esquejes de café (*Coffea arabica*) variedad Parainema, como alternativa para la renovación de plantaciones de café en sistemas productivos de pequeños productores. Para el diseño estadístico se utilizó Bloques completamente al azar (BCA), el experimento está conformado por 24 tratamientos, estos compuestos por 4 diferentes sustratos elaborados a base de arena + suelo, cascarillas de arroz + fibra de coco + suelo, biocarbón + lombriz humus y cascarillas de arroz + lombriz humus. También se utilizaron 2 hormonas enraizadoras Rootex y BioSmart enraizer con 3 dosis por cada una que van desde dosis baja, media y alta, de los cuales se establecieron 5 repeticiones por cada uno de ellos. Para evaluar los resultados se midieron variables como porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, número de yemas brotadas y número de callos brotados. En el procesamiento de los resultados se utilizó la técnica estadística (ANOVA) al 95% de confianza y entre los resultados más relevantes se obtuvo que en las variables porcentaje de enraizamiento, longitud de raíces y número de yemas brotadas, destacó el “S3D1B” con promedio de 80%, 6mm y 2.6 respectivamente, en cuanto a la variable número de raíces, el “S3D3R” presentó un promedio de 1.60, siendo este el mejor resultado conforme a la variable antes mencionada, conforme al número de callos brotados, el tratamiento que resaltó ante todos fue el “S3D2B” el cual obtuvo un promedio de 2.8.

Palabras clave: Esquejes, Enraizadores, Cayos, Brotes, Hormonas

ÍNDICE

Capítulo I	1
1.1. <i>Introducción</i>	1
1.2. <i>Planteamiento del problema</i>	2
1.3. <i>Justificación</i>	3
1.4. <i>Objetivos</i>	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
Capítulo II	4
2.1. <i>Marco referencial</i>	4
2.1.1. <i>Antecedentes</i>	4
2.2. <i>Marco teórico</i>	10
2.2.1. <i>Hipótesis</i>	10
2.2.2.2. <i>Enraizador</i>	11
2.2.2.3. <i>Enraizamiento</i>	11
2.2.2.4. <i>Crecimiento</i>	11
2.2.2.5. <i>Sombra</i>	12
2.2.2.6. <i>Sustrato</i>	12
2.2.2.7. <i>Suelo</i>	13
2.2.2.8. <i>Lombriz humus</i>	13
2.2.2.9. <i>Biocarbón</i>	14
2.2.2.10. <i>Arena</i>	14
2.2.2.11. <i>Cascarilla de arroz</i>	14
2.2.2.12. <i>Fibra de coco</i>	15
2.3. <i>Generalidades de propagación de Café a través de esquejes</i>	16
2.3.1. <i>Temperaturas óptimas en invernadero</i>	16
2.3.2. <i>Humedad Relativa</i>	16
2.3.3. <i>Selección de esquejes</i>	16
2.3.4. <i>Preparación de sustratos</i>	16
2.3.5. <i>Establecimiento de vivero a través de esquejes</i>	17
2.3.6. <i>Manejo de vivero</i>	19

2.3.7.	Nutrición en vivero	20
2.3.8.	Control de plagas y enfermedades en vivero	21
2.3.9.	Riego.....	25
2.4.	<i>Características de la variedad de Café (Coffea arábica) utilizadas en este trabajo experimental</i>	27
CAPITULO III	29
3.1.	<i>Diseño metodológico</i>	29
3.1.1.	Ubicación geográfica del estudio	29
3.2.	<i>Descripción de la zona de estudio</i>	30
3.3.	<i>Ámbito de estudio</i>	31
3.4.	<i>Tipo de investigación</i>	32
3.5.	<i>Población y muestra</i>	32
3.6.	<i>Descripción de los tratamientos</i>	34
3.7.	<i>Diseño de los experimentos</i>	35
3.7.1.	Plano de campo	35
3.8.	<i>Operacionalización de variables</i>	37
3.9.	<i>Instrumentos de levantado de datos de campo</i>	38
CAPITULO IV	39
4.1.	<i>Análisis y discusión de resultados</i>	39
4.1.1.	Análisis estadístico	39
4.1.2.	Indicador “Porcentaje de enraizamiento”	40
4.1.3.	Indicador “Número de raíces”	42
4.1.4.	Indicador “Longitud de raíz”	44
4.1.5.	Indicador “Numero de yemas brotadas”	46
4.1.6.	Indicador “Numero de callos brotados”	48
CAPITULO V	50
5.1.	Conclusiones	50
5.2.	Recomendaciones	51
5.3.	Bibliografías consultadas	52
5.4.	Anexos	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos hídricos de café en función de la altitud, edad y densidad de siembra. .26	26
Tabla 2. Plan de manejo, nutrición y control de plagas y enfermedades33	33
Tabla 3. Descripción de los tratamientos34	34
Tabla 4. Tratamientos con sustrato conformado por: Suelo 50 %, cascarillas de arroz 30 %, fibra de coco 20 %35	35
Tabla 5. Tratamientos con sustrato conformado por: Biocarbón + Lombriz humus.36	36
Tabla 6. Tratamientos con sustrato conformado por: Arena + suelo.36	36
Tabla 7. Tratamientos con sustratos conformados por: Lombriz humus + Cascarilla.36	36
Tabla 8. Operacionalización de variables.37	37
Tabla 9. Análisis de ANOVA (Porcentaje de enraizamiento).40	40
Tabla 10. Análisis de ANOVA (Numero de raíces).....42	42
Tabla 11. Análisis de ANOVA (Longitud de raíces).44	44
Tabla 12. Análisis de ANOVA (Numero de yemas brotadas).46	46
Tabla 13. Análisis de ANOVA (Numero de callos brotados).....48	48

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa de área del experimento.	29
Imagen 2. Mapa de ubicación de área del experimento.	30
Imagen 3. Diseño del experimento.	35
Imagen 4. Esquejes del TTO 12 al TTO 18.	41
Imagen 5. Raíces en esqueje de “S3D3R”.	43
Imagen 6. Longitud de raíz.	45
Imagen 7. Esqueje con mayor número de yemas brotadas.	47
Imagen 8. Callosen esqueje del “S3D2B”.	49

INDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Porcentaje de enraizamiento de esquejes.	40
Gráfico 2. Número de raíces.	42
Gráfico 3. Longitud de raíces.	44
Gráfico 4. Número de yemas brotadas.	46
Gráfico 5. Número de cayos.	48

Capítulo I

1.1. *Introducción*

Un esqueje es un fragmento de planta, normalmente un corte del tallo, que se ha obtenido de una planta sana y adulta con el objetivo de reproducirla o incluso injertarla en otra para que se desarrolle. La multiplicación por esquejes consiste precisamente en realizar un corte limpio de esos fragmentos con el fin de obtener más plantas. Este método se conoce como reproducción asexual de plantas y ocurre también de forma natural. (Fundación Global Nature. 2020.) El café (*Coffea spp.*) se encuentra como uno de los cultivos más relevantes a nivel global, no solo por su valor económico, sino también por su impacto cultural y social en muchas regiones del mundo, especialmente en América Latina, África y Asia. Sin embargo, la producción de café enfrenta diversos desafíos, entre los que se destacan las enfermedades, el cambio climático y la necesidad de mejorar la calidad y productividad de las cosechas. En este contexto, la investigación sobre enraizadores se convierte en un aspecto crucial para promover el desarrollo sostenible de la caficultura.

Los enraizadores son productos químicos o naturales que estimulan el desarrollo de raíces en los esquejes, juegan un papel fundamental en el éxito de este proceso de propagación. Su aplicación no solo aumenta la tasa de enraizamiento de los esquejes, sino que también favorece el crecimiento inicial de las plantas, lo que a su vez puede influir en su adaptabilidad y resistencia a condiciones ambientales adversas. La elección adecuada del enraizador, así como su concentración y método de aplicación, pueden marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso en la producción de nuevas plantas de café. Por lo tanto, la formulación de protocolos experimentales que evalúen la eficacia de diferentes enraizadores en esquejes de café se torna esencial para optimizar la producción y garantizar la calidad del cultivo.

En este trabajo de investigación, se propone un análisis sistemático de distintas sustancias enraizadoras aplicadas a esquejes de café, con el fin de determinar su impacto en el rendimiento del enraizamiento y la posterior fase de crecimiento. Se explorarán dos tipos de enraizadores sintéticos, así como cuatro diferentes sustratos y las condiciones climáticas que pueden influir en su eficacia. Asimismo, se pretende generar información práctica que pueda ser fácilmente adoptada por los productores de café, contribuyendo así a mejorar su rentabilidad y sostenibilidad en un

contexto de constantes cambios globales. Por ende, esta investigación no sólo tiene como objetivo académico contribuir al conocimiento científico en el ámbito de la agronomía, sino también ofrecer soluciones tangibles a los productores de café que enfrentan los retos del siglo XXI.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a los reducidos márgenes de utilidad en la producción de café por parte de los pequeños y medianos productores, se ven limitados a realizar renovación de sus plantaciones, con lo cual se pone en riesgo el futuro de este rubro tan importante en la dimensión económica, social y ambiental. Esto es una situación grave si se considera que el segmento de pequeños productores representa cerca del 95% del total de productores de nuestro país y que este rubro genera cerca de 400 mil empleos a nivel nacional; pero además de su valioso aporte en servicios ecosistémicos al estar en la mayoría de las plantaciones como sistemas agroforestales.

Para hacer posible la renovación de cafetales, se recurre habitualmente al establecimiento de semilleros y de viveros, haciendo uso de bolsas de 6x8 y semillas sexuales, para lo cual se requiere de inversiones que en muchos casos no pueden ser costeadas sin necesidad de contar con habilitaciones del banco, a las que los pequeños productores no pueden acceder. La reproducción sexual presenta importantes desventajas al demandar que pasen muchas generaciones para obtener un material genético estable. La técnica de reproducción por esquejes podría ser una oportunidad de más bajo costo y de menor tiempo para estar lista a trasplante. En la producción de esquejes y de su proceso de enraizamiento, los avances son mínimos; no se denominan que hormonas utilizar, los sustratos adecuados, así como aspectos genéticos, fisiológicos y ambientales que se requieren.

Para efectos de la presente investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la reproducción de café por esquejes utilizando enraizadores contribuye a la mejora de la productividad en fincas de pequeños productores?

1.3. Justificación

En Nicaragua la producción de café se ha convertido en un rubro muy importante generando empleos, divisas y grandes oportunidades para el sector agrícola y exportador es por ello que, cada día es necesario llevar más allá de lo habitual la producción de café. Por lo tanto, la reproducción de plántulas de café por esquejes es una de las alternativas que se ha menospreciado debido a la falta de información y experimentación. Por consiguiente, la investigación dará una idea de lo que puede llegar a ser la reproducción por esquejes de café ya que de esta manera utilizas partes de tallo de la planta en vez de utilizar semillas que tienen un proceso más complejo y económicamente más costoso.

Desde una perspectiva teórica, esta investigación se basa en principios de fisiología vegetal y agronomía, específicamente en la formación y desarrollo de raíces adventicias en esquejes de café. Diferentes estudios han demostrado que los enraizadores, tanto sintéticos como naturales pueden influir significativamente en la emisión de raíces debido a la estimulación hormonal. De igual manera, el sustrato cumple un papel crucial al proporcionar las condiciones óptimas de aireación, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes para el crecimiento radicular. Esta investigación busca aportar al conocimiento sobre la interacción entre estos factores y su impacto en la propagación de esqueje de café, contribuyendo al desarrollo de estrategias más eficientes para la multiplicación de plantas.

En el punto de vista metodológico, esta investigación permitirá experimentar los efectos de diferentes enraizadores y sustratos en esquejes de café. A través del diseño experimental (BCA), se analizarán variables como el porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, número de yemas brotadas y números de callos brotados. Esto permitirá validar científicamente qué combinaciones de enraizador y sustrato generan mejores resultados, proporcionando datos cuantificables y replicables para futuras investigaciones y aplicaciones en el campo.

De manera práctica, los resultados de esta investigación tendrán un impacto directo en la producción de plántulas de café, facilitando la implementación de protocolos de propagación más eficientes y económicos. Esto beneficiará a pequeños y medianos caficultores que buscan métodos de propagación alternativos a la germinación por semilla. Además, la optimización del uso de

enraizadores y sustratos puede reducir costos y mejorar la tasa de supervivencia de los esquejes, lo que contribuye a la sostenibilidad de la caficultura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar efecto de diferentes enraizadores y sustratos en el desarrollo de esquejes de café arábigo (*Coffea arábica*), como alternativa para la renovación de plantaciones de café en sistemas productivos de pequeños productores.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la hormona y dosis adecuada para la inducción de raíces y brotes en esquejes de café (*Coffea arábica*).
- Identificar el mejor sustrato para el enraizamiento y brotamiento de esquejes de café (*Coffea arábica*).
- Evaluar el número de raíces generadas por los esquejes de café (*Coffea arábica*).

Capítulo II

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes

Internacionales

Ponce et al (2024), estudiantes de la carrera de ingeniería agrícola en la Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, realizaron el proyecto de investigación curricular previo a la obtención del título de ingeniero agrícola titulada comparación de métodos asexuales en propagación de híbridos de café arábigo (*Coffea arábica L.*) por esquejes, injertos y acodos con el objetivo de Comparar la efectividad de métodos de propagación asexual en café arábigo donde se estableció un diseño experimental completamente aleatorio con desigual número

de observación para evaluar los métodos Las principales variables a medir fueron: sobrevivencias, número de hojas, longitud de brote, vigor vegetal y estado fitosanitario.

La sobrevivencia se expresó como porcentaje mediante la fórmula: cantidad de plantas sobrevivientes/cantidad total inicial de plantas. El resto de las variables se midieron utilizando escalas numéricas de 1 a 5, donde 1 representaba condiciones muy inadecuadas y 5 condiciones excelentes. Los datos se analizaron estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Los resultados de la investigación mostraron que a los 30 y 60 días no hubo diferencias significativas entre los métodos en ninguna variable. Sin embargo, a los 90 días tanto los acodos como los injertos presentaron mayor longitud de brote que los esquejes. Específicamente, los acodos superaron los 21 cm de desarrollo. Adicionalmente, los injertos mostraron mejores condiciones de crecimiento, vigor y estado sanitario en comparación con los demás métodos. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que la propagación vegetativa por injertos es un método viable para la reproducción de café arábigo, ya que promueve un óptimo desarrollo de las plántulas.

Morales (2013), estudiante de la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo UTE Sucumbíos – Ecuador realizó la tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroforestal titulada Respuesta de dos fitohormonas en tres topos de sustrato para el enraizamiento de esquejes de café robusta (*Coffea canephora*) en el cantón lago agrio con el objetivo de determinar la mejor fitohormona y el mejor sustrato para el enraizamiento de clones de café. Se utilizaron dos topos de fitohormonas hormonagro 1 (Acido alfa Naftalenacetico A.N.A) y Cytokin (citoquininas) conformando el factor A, y tres tipos de sustrato b1= Cascarilla de café 50% + 25% de tierra agrícola + 25% de arena. b2= Tamo de arroz 50% + 25% de tierra agrícola + 25% de arena. b3= Cascarilla de café 25% + Tamo de arroz 25% + 25% de tierra agrícola + 25% de arena conformando el factor B, adicionalmente un testigo.

Las variables para medir se dividen en variables independientes: sustrato y fitohormonas. Variables dependientes: Días a la emisión de raíces, Porcentaje de prendimiento, Número de raíces por esquejes, Longitud de raíces por esqueje, Altura de plántulas, Diámetro del tallo, Días al trasplante y número de hojas, Incidencia de plagas y enfermedades. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un total de 21 unidades experimentales, dicho diseño evaluará el tratamiento que presente los mejores resultados en cuanto a la utilización de fitohormonas con diferentes sustratos.

En los principales resultados encontramos que el tratamiento con mejor desarrollo radicular fue el que estaba compuesto por el producto Cytokin más sustrato a base de toma de arroz, suelo agrícola y arena en la proporción 2:1:1 obteniendo un 80% de emisión de raíces además en los resultados se pudo apreciar que las fitohormonas (Factor A) no tuvieron incidencia perceptible en la emisión de raíces, mientras que los tipos de sustratos (Factor B) si presentaron diferencias estadísticas; el sustrato a base de Tamo de arroz al 50 % más 25 % de tierra agrícola y 25 % de arena (B2) manifiesta el mejor promedio en emisión de raíces 66,67 %.

Morocho (2015), estudiante de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Ecuador realizó la tesis previa a la obtención del título de ingeniero Agropecuario titulada Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (AIB) y ácido Naftalenacético (ANA) en diferentes concentraciones en Ventanas, provincia de Los Ríos. Con el objetivo de determinar el efecto de las hormonas e identificar la dosis óptima para el enraizamiento de esquejes de café. La investigación propone la evaluación de la eficacia de seis enraizadores y dos sustratos para la propagación de ramillas de café robusta (*Coffea canephora*) en vivero.

Para el diseño estadístico se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), en arreglo bifactorial (seis enraizadores y dos tipos de 19 sustratos.), en tres repeticiones. El coeficiente de variación se expresó en porcentaje y se realizó la prueba de tukey al 5%. Entre los resultados más importantes encontramos que el mayor porcentaje de prendimiento a los 60 días y 180 días lo obtuvo la interacción Hormonagro + Cascarilla de café+ humus, tierra de sito y tierra de huerto con 96,67% y 96,77% respectivamente.

En la altura de planta, Bioplus muestra superioridad con valores de 2,16 cm y 10,65 cm. A los 60 y 180 días respectivamente. En el número de hojas Bioplus obtuvo el mayor promedio en todas las evaluaciones llegando a 9,94 cm en el día 180. En cuanto a la longitud de la raíz, peso de raíz y mayor número de raíces lo presentó Hormonagro con 15,53 cm., 9,06 gr. y 6,03 respectivamente.

En Cuba, *Ramírez (2003)*, realizó la investigación titulada “uso de bioestimuladores en la reproducción de guayaba (*Psidium guajava L.*) mediante el enraizamiento de esquejes”. El trabajo se desarrolló en el vivero tecnificado, finca “La Joya” en San José de las Lajas, con el objetivo de estudiar el efecto de tres estimuladores de crecimiento de producción nacional (Biobras-16, Pectimorf y Rizobac) en diferentes concentraciones sobre el enraizamiento de esquejes intermedios semi leñosos de dos cultivares de (*Psidium guajava L.*).

Los esquejes una vez tratados fueron colocados en las cámaras de enraizamiento en un sustrato a base de zeolita natural de 3 mm de diámetro en condiciones controladas, donde se evaluaron el porcentaje de plantas vivas, número de raíces por planta, longitud y masa de las raíces. Del análisis de los resultados se concluye que el uso de Pectimorf 10 ppm y Rizobac 0.1 % mostraron los mejores valores en relación con las variables evaluadas en el presente experimento.

Matamoros (2020), realizó la investigación titulada “Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini estaquillas de híbridos F₁ de café (*Coffea arabica*)”. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de distintos fertilizantes y estimulantes hormonales sobre el éxito del enraizamiento y posterior crecimiento de las plantas resultantes. Se utilizaron mini estaquillas de tres híbridos de café, tratadas con distintas combinaciones de un bioestimulante, un enraizante, una fórmula a base de multiminerales, vitaminas y fitohormonas, y tres fertilizantes (NP, Zn P, solución hidropónica), las cuales fueron puestas a enraizar en túneles plásticos con irrigación. Las plantas enraizadas fueron trasplantadas a bolsas para un periodo de crecimiento en vivero de 3 meses.

La fase de enraizamiento concluyó a las 12 semanas, con un promedio general superior al 89 %, sin diferencias entre tratamientos ni entre híbridos. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para longitud de raíces, con superioridad de la combinación del enraizante con el fertilizante Zn P. En la fase de vivero hubo diferencias significativas entre tratamientos para

altura de plantas, peso fresco de parte aérea, y peso fresco y seco de raíces, logrando destacar, en todos los casos, las combinaciones del enraizante con el complejo de multiminerales o con el fertilizante Zn P. El híbrido L12A28 sobresalió en casi todas las variables evaluadas.

En Costa Rica, *Sosa (2019)*, realizó la investigación que tiene por nombre “Efecto del ácido indolbutírico (AIB), pyraclostrobin (f-500) y un inoculante biológico sobre el enraizamiento y crecimiento inicial de estaquillas de tres híbridos F1 de café (*Coffea arabica*)”. En el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE se utiliza la técnica de enraizamiento de estaquillas para la multiplicación de híbridos de café en corto tiempo y a bajo costo.

En la búsqueda continua por mejorar el proceso, en este trabajo se evaluó el efecto de distintas combinaciones de AIB, un inoculante biológico y Pyraclostrobin (F 500), más un tratamiento convencional de nutrientes y estimuladores sobre el enraizamiento de estaquillas de 3 híbridos F1 de café (L2A30, L4A5, L12A28) y su posterior desarrollo en vivero.

La fase de enraizamiento se prolongó por 11 semanas, y al final de este periodo, no hubo diferencias significativas en porcentaje de enraizamiento entre tratamientos ni entre híbridos, con porcentajes superiores al 80% en todos los casos. Tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables de número, longitud de raíces ni pesos de parte aérea y raíces. Los híbridos L2A30 y L12A28 fueron significativamente superiores al L4A5, en cuanto a número y longitud de raíces, peso fresco y seco de raíces y parte aérea. Las estaquillas fueron trasplantadas luego a bolsas con suelo para la fase de vivero, para un periodo de crecimiento de 3 meses. Al final de esta fase, el tratamiento convencional y las combinaciones AIB + inoculante biológico y AIB + Pyraclostrobin (F 500) fueron superiores significativamente en cuanto a altura de planta y número de hojas. Los híbridos L4A5 y L2A30 fueron superiores significativamente al L12A28 en cuanto a altura total y número de hojas, mientras que el L2A30 y el L12A28, mostraron mayor diámetro basal que el L4A5. Se logró la multiplicación de los híbridos seleccionados a escala masiva y a bajo costo.

Silva (2021) llevó a cabo la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de tres enraizantes naturales para propagación de mango (*Mangifera indica*) por esquejes”. La investigación se realizó en El Tambo, provincia de Santa Elena con el objetivo de proponer una

forma de propagación utilizando esquejes de mango. Para desarrollar la investigación se utilizaron tres tipos de enraizantes, siendo estos: lenteja, canela y café.

Para comprender los efectos se colocó en un recipiente cinco esquejes donde se utilizaron diferentes dosis de enraizantes que van desde 100%, 50% y 25% y se obtuvo un total de 10 tratamientos, para la toma de datos se utilizaron tres variantes: porcentaje de enraizamiento, longitud de la raíz y el número de brotes, por lo cual para el porcentaje de raíz se utilizó una fórmula para determinar cuál fue el resultado en los diferentes tratamientos, para la longitud de las raíces se utilizó una cinta métrica y para ver el número de brotes en los diferentes tratamientos se realizó una tabla donde se registraría el número de estos en cada tratamiento.

Respecto a los resultados, en el porcentaje de raíz y el número de brotes, destacó el enraizante a base de canela con resultados de 80% y 3 brotes respectivamente, mientras que en la variable de longitud el enraizante de lenteja obtuvo un mayor. En los diferentes tratamientos el tratamiento denominado como “testigo” fue el que presentó los más bajos resultados, con esto concluimos que los enraizantes naturales tienen alta capacidad de promover el crecimiento de raíces, a pesar de que sus efectos puedan tardar más tiempo que los enraizantes químicos, la fácil elaboración y bajo costo de estos los convierten en una excelente alternativa para los pequeños productores.

Villon (2021) desarrolló la investigación titulada “Evaluación de dosis de aloe vera como enraizante natural en esquejes de café robusta (*Coffea canephora*) en el centro de apoyo Manglaralto”, la cual tuvo como objetivo principal evaluar la capacidad del *Aloe vera* en el enraizamiento de esquejes de café robusta (*Coffea canephora*) en el centro de apoyo Manglaralto, Santa Elena; dicha evaluación se realizó mediante el diseño completamente al azar (DCA).

El experimento se llevó a cabo por un periodo de 60 días, se determinaron las siguientes variables: sobrevivencia de esquejes, esquejes con presencia de callos y raíces, longitud y diámetro radicular, peso húmedo y peso seco de la raíz; el análisis estadístico reveló que no se obtuvo diferencia significativa, no obstante el tratamiento con mayor sistema radicular fue el T3 (58 ml hormonagro), y se obtuvo el 81,25% de sobrevivencia, el tratamiento con hormonagro fue con el mejor desempeño con la variable de sobrevivencia con 81,25%, sin embargo, en el tratamiento T2

con 200 ml aloe vera 66,25% de sobrevivencia; mientras tanto el tratamiento T4 testigo fue el que presento las mayores cantidades de esquejes de raíces con un 32%.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Hipótesis

Ha: Los tratamientos presentaron resultados significativos en el porcentaje de enraizamiento y numero brotes en los esquejes de café (*Coffea arábica*).

Ho: Los tratamientos no presentaron resultados significativos en el porcentaje de enraizamiento y número de brotes en los esquejes de café (*Coffea arábica*).

Ha: Los esquejes de café (*Coffea arábica*) presentaron una alta tasa de enraizamiento en el sustrato elaborado a base de 50% de Arena y 50% suelo.

Ho: Los esquejes de café (*Coffea arábica*) no presentaron resultados significativos en cuanto al enraizamiento en los distintos sustratos.

Ha. Al menos el 50% de los esquejes presentan desarrollo de raíces.

Ho. Menos del 50% de los esquejes presentaron desarrollo de raíces.

2.2.2. Conceptos generales

2.2.2.1. Esqueje

Para Barbat (2006), un esqueje es un trozo de tallo que puede tener o no hojas, pero siempre posee un número variable de yemas. Sin embargo, Vences (2016), menciona que se le da el nombre de estaca o esqueje a un trozo de rama, raíz u hoja tomado de una planta madre que, después de cortada y plantada en un medio favorable es capaz de emitir raíces y ramas y, por

consiguiente, da lugar a una nueva planta. Por otra parte, Colombo (2018), dice que un esqueje consiste en extraer una parte de la planta, normalmente el tallo o la rama, pero también las hojas, las raíces o algunos órganos particulares para que, manteniéndolas en las condiciones adecuadas e incluso sometiénolas a ciertos tratamientos, desarrolla las partes que le faltan y formen una nueva planta.

2.2.2.2. Enraizador

Según Gómez (2023), un enraizante es considerado un producto compuesto por hormonas vegetales naturales, que tiene como objetivo estimular el crecimiento de raíces. Por lo tanto, García (2022), dice que los enraizadores son productos sintéticos que favorecen la actividad fisiológica de la planta, induciendo y estimulando el desarrollo radicular y el engrosamiento de tallos, mediante su contenido rico en oligoelementos y fitohormonas (reguladores de crecimiento). Por otro lado, Azcón (2008), añade que los enraizadores son productos a base de hormonas vegetales naturales, que estimula el crecimiento de raíces en estacas, esquejes, brotes o gajos con él tratados. Es un importante complemento que asegura el crecimiento radicular en todo tipo de vegetales.

2.2.2.3. Enraizamiento

Silvicultura (2016), define enraizamiento como una descripción de la forma del sistema radical que adoptan las diversas especies en función de su propia anatomía y fisiología, con importantes modificaciones en función del tipo de suelo. Para Alegsa (2024), la palabra enraizamiento se refiere al proceso de arraigar o establecer raíces, tanto en un sentido literal como figurado. En su acepción más concreta, implica que una planta o árbol se aferre al suelo mediante sus raíces. HEROGRA (2020), agrega que el término enraizamiento hace mención del desarrollo de las raíces de las plantas durante todo su ciclo de vida.

2.2.2.4. Crecimiento

Según, Domingo (2007), el crecimiento viene definido por el aumento en peso, en volumen, en área o longitud de uno o varios órganos de la planta. Por ello, en un sentido restringido se refiere a la división celular (aumento en el número de células) y extensión celular (aumento en tamaño).

Ambos procesos requieren de la síntesis de proteínas y son irreversibles. También, Huerta (2017), menciona que el crecimiento es un fenómeno cuantitativo que puede expresarse matemáticamente por la relación simple de incremento de la masa en función del tiempo. En otras palabras, Pérez (2021), define que el crecimiento es la acción y efecto de crecer. Este verbo, a su vez, hace referencia a tomar aumento natural, a producir aumento por añadir una nueva materia o a adquirir aumento en sentido simbólico.

2.2.2.5. Sombra

Nehuen (2023), indica que la sombra es la región oscura o no iluminada que se forma cuando un objeto bloquea la luz. Este fenómeno es relevante en diversos aspectos de la vida y tiene implicaciones significativas en múltiples campos. Por otra parte, La Real Academia Española (2023). Define sombra como una imagen oscura que sobre una superficie cualquiera proyecta un cuerpo opaco, interceptando los rayos directos de la luz.

También, Flores (2019), menciona que la sombra es una región a donde la luz no puede llegar y por ende esta zona se vuelve oscura o negruzca. La sombra se produce cuando un objeto se interpone en el camino de la luz y esta no puede traspasar a este objeto. Este tipo de cuerpo se conoce como opacos, porque justamente no deja pasar a la misma.

2.2.2.6. Sustrato

Según Bárbaro (2023), un sustrato es cualquier material sólido y poroso que se encuentra dentro de un contenedor. Por otra parte, Bures (2002), define como sustratos a aquellos materiales distintos de los suelos naturales que se utilizan para el cultivo de plantas. Esa particularidad de ser diferentes del suelo viene determinada por el pequeño habitáculo que contiene a los sustratos.

En otras palabras, Pastor (2015), el término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada.

2.2.2.7. Suelo

Para Samarnat (2011), desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua.

Por otra parte, la FAO (2024), menciona que el suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

También, UNLP (2020), indica que el suelo es la porción más visible del planeta Tierra. Se trata de una superficie sumamente variada y multiforme, sobre la cual se producen los fenómenos climáticos como la lluvia, el viento, etc. Es escenario de complejos procesos químicos y físicos, así como de un ecosistema subterráneo de pequeños animales y abundantes microorganismos, cuya presencia impacta directamente en la fertilidad de este. Los suelos se forman por la destrucción de la roca y la acumulación de materiales distintos a lo largo de los siglos, en un proceso que involucra numerosas variantes físicas, químicas y biológicas, que da como resultado una disposición en capas bien diferenciadas, como las de una torta, observables en los puntos de falla o fractura de la corteza terrestre.

2.2.2.8. Lombriz humus

Fertilab, (2017), identifica a la lumbricultura como la actividad de producir abono orgánico con ayuda de lombrices, donde una de las especies ampliamente utilizada es la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sin embargo, existen otras especies (*Lumbricus rubellus*), (*Perionyx excavatus*), (*Bimastus Eudrillus Eugenia*). Lo que sucede en la lumbricultura es un reciclaje o transformación química de los desechos orgánicos (residuos de cosecha, desechos de cocina, estiércol animal, etc.), impulsado por la actividad de esta especie. Por otra parte, Cocoon (2017), menciona que el humus de lombriz es un mejorador de suelos, su función consiste en mejorar la estructura, regular el pH, inocular microorganismos benéficos y proporcionar un medio adecuado para la retención y disponibilidad de los nutrientes del suelo, también es fuente tanto de los macronutrientes como de micronutrientes, necesarios para un desarrollo exitoso de la planta de cultivo. Además, Marnetti

(2012), relata que el humus de lombriz producido es un abono orgánico 100% natural, que se obtiene luego de un proceso, cercano a un año en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica, comida y defecada por otras lombrices. Es totalmente natural, mejora la porosidad y la retención de humedad, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemática.

2.2.2.9. Biocarbón

Borsari, (2020), menciona que el biocarbón es producido cuando madera, estiércol, hojas y otras materias orgánicas se calientan con poco o no aire. También, Bárbaro (2023), indica que es un producto rico en carbono, que resulta del calentamiento de biomasa (derivada principalmente de plantas) en un ambiente restringido de oxígeno (pirólisis) a temperaturas de hasta 700°C aprox. El biocarbón se puede producir de varias formas, desde hoyos en el suelo hasta sofisticados hornos industriales de pirolisis. Sus propiedades varían según la materia prima, el tiempo y temperatura de pirolisis. Por otra parte, Soledad (2020), menciona que el biocarbón es un sólido de grano fino que posee una alta porosidad, los poros de mayor tamaño dependen de la materia prima y los de menor tamaño son generados por el pirólisis.

2.2.2.10. Arena

Bárbaro (2023) señala que la arena es de naturaleza silícea, pueden proceder de canteras o de ríos. Las primeras son más homogéneas y de partículas angulosas. Las segundas son más heterogéneas y de partículas redondeadas. También, Marcaa (2024), relaciona la arena con los restos de rocas que están fraccionados y que se encuentran en ciertas zonas. Éstas, a su vez, podrían unirse y formar nuevos minerales, que se consolidan con el pasar del tiempo, formando aquellas creaciones llamadas areniscas. Así mismo, Ortega (2022), menciona que la arena es un conjunto de partículas de rocas divididas. Una de sus particularidades es que su composición sufre constantes modificaciones, ya que es transportada por el viento y el agua, mutando su color y tamaño de acuerdo con las zonas climáticas donde se encuentra.

2.2.2.11. Cascarilla de arroz

Para Baquero (2024), la cascarilla de arroz es un subproducto que se obtiene después de procesar el arroz para obtener el grano blanco que consumimos en nuestra alimentación. Aunque

la cascarilla se considera un residuo, su uso en la agricultura se ha convertido en una práctica común en muchos países. De igual manera, Bárbaro (2023), describe la cascarilla de arroz como un residuo de los molinos arroceros que se puede utilizar natural, molida, carbonizada o tostada. El carbonizado incrementa la retención de agua, elimina los restos de harinas, patógenos y semillas de malezas. También, Bio Espacio Sustratos Colombia (2023), define la cascarilla de arroz como un subproducto que se genera durante el proceso de molienda del arroz. Se trata de la capa exterior del grano, que se elimina para obtener el arroz blanco que se consume en todo el mundo. A pesar de ser considerada como un residuo, la cascarilla de arroz tiene una serie de usos y beneficios para la agricultura sostenible. En este artículo se explorarán los usos y beneficios de la cascarilla de arroz en la agricultura, así como las medidas necesarias para aprovechar este subproducto de manera efectiva.

2.2.2.12. Fibra de coco

Según, Buechel, (2019), la fibra de coco es un producto secundario de la industria del procesamiento del coco, en el que se procesan las cáscaras de coco para extraer las fibras para diversas industrias. Las cáscaras de coco pasan por un proceso de trituración en el que se separan las fibras más largas en una gama de tamaños de partículas, de acuerdo con la aplicación prevista. La mezcla sobrante de fibras diminutas y polvo se vende “como está” y se utiliza para fines hortícolas. Así mismo, Bárbaro (2023), menciona que es un material de desecho de la industria cocotera. Para su uso se extraen las fibras de las cáscaras desechadas y se pasan por un proceso de compostaje. Luego al producto obtenido se lava, seca y se tipifican las fibras por tamaño. La fibra de coco es una buena alternativa o un complemento de la turba, ya que con la granulometría adecuada tiene muy buenas características físicas. Por otra parte, KHANH (2023), indica que la fibra de coco es un medio de cultivo natural producido a partir de la capa de fibra de coco entre la cáscara de coco más externa y la cáscara de coco dura interna. Cuando los cocos se cosechan por su agua y carne, se retira la cáscara del coco y la cáscara del coco se transporta a una instalación de producción de fibra de coco. Las cáscaras de coco, después de ser procesadas y eliminadas de objetos no deseados, se convierten en una fuente de material con diferentes formas que crea medios de cultivo de fibra de coco ideales para plantas, incluida la turba de coco, las fibras de coco y los chips de coco.

2.3. Generalidades de propagación de Café a través de esquejes

2.3.1. Temperaturas óptimas en invernadero

Según E. González (2024), el área ideal para promover un alto porcentaje de enraizamiento debe contar con condiciones ambientales adecuadas. Durante los primeros 100 días posteriores a la siembra, se deben mantener temperaturas que oscilen entre 30 a 35 °C. Para crear un entorno propicio, se recomienda el uso de macro túneles o casas de malla construidas con sarán, con una sombra que varíe entre el 60% y el 70%.

2.3.2. Humedad Relativa

Según Martínez (2007) la humedad relativa es el cociente entre la fracción molar de vapor de agua en un espacio dado y la fracción molar del vapor de agua en su condición de saturación. La humedad relativa para adecuada para enraizar esquejes de café debe mantener en niveles de 75 a 90%. Este nivel de humedad ayuda mucho a mantener los esquejes de café bien hidratados y reducen la pérdida de agua que provoca la traspiración lo cual es fundamental en el proceso de desarrollo radicular.

2.3.3. Selección de esquejes

Los esquejes se seleccionan de las plantas que tengan las mejores características genotípicas, que no tengan daños provocados por plagas o enfermedades y que los tallos tengan un grosor intermedio. Al momento de cortarlo se hace con una tijera podadora que tiene que ser desinfectada cada vez que cambie de planta cortada, este corte debe de ser de manera circular y tratando de no lastimar la corteza del esqueje o que se parta el tallo. Los esquejes se cortan a la medida que tengan tres yemas.

2.3.4. Preparación de sustratos

Los sustratos se preparan de manera homogénea mezclando cada uno de los materiales que se van a utilizar en las cantidades requerida según el objetivo del sustrato, esta mezcla se realiza encima de un plástico negro para evitar mezclar alguna impureza en el sustrato.

Ya con los materiales encima del plástico negro se procede a combinar hasta formar una mezcla totalmente homogénea. Cada uno de los componentes del sustrato debe de integrar características favorables para el beneficio del proceso de enraizamiento de las plantas.

Para obtener mejores resultados se debe garantizar que los materiales que se van a utilizar para elaborar los sustratos sean de la mejor calidad y cumplan cada uno con las características por la cual fueron seleccionados.

Suelo, cascarillas de arroz y fibra de coco (proporción 2:1.5:1)

Es una mezcla que se compone de 50% de suelo 30% de cascarilla de arroz y 20% de fibra de coco, este sustrato presenta las siguientes características físicas: buena aireación, alta retención de agua, drenaje eficiente y durabilidad.

Biocarbón y Lombriz humus (proporción 1:1)

Es una mezcla de 50% de biocarbón y 50% de Lombriz humus, este sustrato tiene las siguientes características mejora la retención de agua, buena capacidad de aireación, propiedades microbiológicas, riqueza en nutrientes y estimulador de crecimiento.

Arena y suelo (proporción 1:1)

Es una combinación de 50% de arena y 50% de suelo que cumple con las características de buen drenaje, reducción de la compactación, buena textura y disponibilidad de nutrientes.

Lombriz humus y Cascarilla de arroz (proporción 1:1)

Es una mezcla de 50% de lombriz humus y 50% de cascarilla de arroz esta mezcla aporta una buena riqueza en nutrientes, retención de humedad, propiedades biológicas y una estructura ligera.

2.3.5. Establecimiento de vivero a través de esquejes

Selección del lugar.

El primer paso para elaborar un vivero para esquejes de café es seleccionar el lugar adecuado que cumpla con las características adecuadas para la buena adaptabilidad de los esquejes. Este lugar debe tener buena disponibilidad de agua, buena aireación, buen drenaje, buena exposición solar y estar libre de plagas en especial cortadoras.

Construcción de la estructura

Para elaborar la estructura se utilizaron estacas de madera, reglas, plástico negro, tubo PVC de media pulgada y cabuya.

También se utilizaron herramientas como: pala, machete, martillo, segueta, clavos

La estructura se realizó de la siguiente manera

- 1) se limpió el área de malezas y se emparejó.
- 2) se ponen 6 estacas de madera a una distancia de 1 metro de largo por 1 metro de ancho. Las estacas deben quedar de 50 centímetros de alto.
- 3) Se debe forrar alrededor de las estacas con el plástico negro, se utilizan clavos para que quede bien fijado.
- 4) Se corta el tubo PVC en tres partes iguales las cuales servirán como arco para el vivero.
- 5) Se fija los arcos de tubo PVC a las estacas en dirección a lo ancho del espacio.
- 6) Se coloca el plástico negro encima de los arcos de tubo PVC formando un techo que cubrirá del sol y la lluvia, el plástico es fijado con cabuya.
- 7) Se realiza el bancal dentro de la estructura, acomodando las bolsas llenas de sustrato.

Llenado de bolsas

Las bolsas que se utilizaron fueron plásticas de 15x25 se llenaron 30 bolsas de cada tipo de sustrato asegurándose que queden bien compactadas para que al momento de agregar agua no se vean vacías.

Creación del bancal

El bancal se realizó con dos reglas de madera que se pusieron a lo largo de la estructura para que hicieran presión a las bolsas y mantenerlas firme, se colocaron líneas de 6x5 asegurándose de que quedaran bien aliñadas.

Trasplante de los esquejes

Para trasplantar los es que se les hizo un agujero de 10 centímetros de profundidad en el centro de las bolsas, después procedemos a aplicar un fungicida en el agujero para desinfectar el sustrato.

Antes de trasplantar los esquejes son sumergidos por 5 minutos en agua que contiene Enraizador. Estos enraizadores se aplican en tres diferentes dosis o concentración con el fin de valorar que dosis es la que da más porcentaje de enraizamiento.

Luego se colocan cuidadosamente los esquejes con las yemas en dirección vertical con un Angulo de 90 grados aproximadamente. Posteriormente se presiona alrededor del esqueje para que queden firmes y evitar la entrada de aire o acumulación de agua en la parte basal.

Riego

El riego debe realizarse cada 2 o 3 días y se aplica abundante agua para mantener los esquejes bien hidratados.

Mantenimiento del vivero

Cada 15 días se realiza un mantenimiento del vivero esto implica deshierbar, revisar el estado del plástico y de las estacas y reforzarlos en caso de ser necesario.

2.3.6. Manejo de vivero

La obtención de varetas se basa en la recolección de hijos, chupones o brotes de crecimiento ortotrópico de las plantas de café, conocidas como plantas madre. Estas deben contar con condiciones de nutrición excelentes y estar libres de daños causados por plagas y enfermedades, es decir, deben tener características de alta calidad para un exitoso clonado vegetativo. El material vegetal puede provenir tanto del campo como, preferiblemente, de jardines clónales, donde se puede obtener una mayor cantidad de material (E. Gonzalez Arias, 2024)

En la recolección del material, es crucial evitar la colecta de material lignificado. Se recomienda que los brotes a seleccionar no excedan los 10 milímetros de grosor en la parte basal del tallo, y que la forma de este sea cuadrada al tacto. Esto garantiza altos porcentajes de enraizamiento o prendimiento. Para llevar a cabo esta práctica, se aconseja la desinfección de las herramientas utilizadas, como tijeras de podar, cubetas, hileras, etc., mediante el uso de una solución de alcohol al 70%.

2.3.7. Nutrición en vivero

Según INTA (2020). Para el desarrollo y funcionamiento de las plantas de café, existen 16 elementos esenciales y se han dividido en cuatro grupos:

Grupo 1: Carbono (C), Oxígeno (O), e Hidrógeno (H), que provienen del agua y del aire.

Grupo 2: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), llamados macronutrientes primarios, debido a que son requeridos por las plantas en mayores cantidades.

Grupo 3: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), estos son llamados macroelementos secundarios, debido a que estos son requeridos en cantidades menores.

Grupo 4: Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Zinc (Zn) y Cloro (Cl), son llamados micronutrientes por ser requeridos por la planta en pequeñas cantidades, pues no forman parte estructural de los tejidos.

La primera fertilización se hace a los 30 días del trasplante y una segunda aplicación a los dos meses, con productos a base de Nitrógeno (N), siendo muy esencial para la formación de clorofila, proteínas y ácidos nucleicos, además estimula el crecimiento vegetativo y la producción de hojas. Fósforo (P) necesario en la transferencia de energía, la división celular y la formación de raíces. Además de contribuir a un sistema radicular fuerte y saludable.

Fertilización foliar complementaria.

Se realiza con abono orgánico a base de:

- Purín de lombriz humus.

- Estiércol fresco.
- Microorganismos de montaña.

Se deben mezclar dos libras de lombriz humus con 20 litros de agua, de esta mezcla se debe aplicar un litro de la sustancia previamente disuelta a una bombada de 20 litros.

Los biofertilizantes y microorganismos de montaña también son efectivos para realizar aplicaciones de abono en viveros de café.

2.3.8. Control de plagas y enfermedades en vivero

Según Mocca (2021), uno de los componentes importantes en el manejo de las plantas de café en vivero es el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPyE), comprendiendo este como la serie de prácticas que procuran disminuir el impacto de las plagas y enfermedades en el vivero.

Plagas

Nos referiremos con el término plagas, a la presencia y daño causado por insectos. En los viveros conviven una serie de estos organismos, algunos en mayor cantidad y por tanto generan mayor daño, debido a esto se les consideran plagas de mayor importancia económica.

Es importante saber identificar las plagas principales en los viveros, cuáles son los síntomas que presentan las plantas y los insectos que los causan, algunos son visibles y fácilmente identificables.

Las principales plagas que se encuentran en los viveros de café son:

Nematodos (*Meloidogyne spp*) y (*Pratylenchus spp*):

En los viveros se pueden presentar diferentes plagas, una de las más importantes por los daños que puede ocasionar son los nematodos, especialmente cuando se usan sustratos que pueden estar infestados con estos organismos.

Síntomas: Planta está marchita, presenta hojas amarillas. Presencia de nódulos en raíces (protuberancias o pelotas) o raíces con lesiones y “desnudas”, tenemos presencia de nematodos.

Control cultural: Usar sustrato inerte, desinfectar el sustrato preparado artesanalmente, no ingresar plantas o sustratos contaminados al vivero, injertar en materiales resistentes (Nemaya)

Control biológico: Aplicación de hongo *Pochonia chlamydosporia*

Control químico: Imidacloprid (50 gr por bomba con 20 litros de agua)

Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*):

Es un micro lepidóptero, la hembra pone los huevos, estos duran de 6 a 10 días para eclosionar, las larvas penetran en el tejido de la hoja. Pasa por cuatro estadios larvales, que dura entre 16 a 26 días.

Síntomas: El síntoma más reconocido son las galerías que causa en el tejido de las hojas durante el estado de larva.

Control cultural: Eliminar plantas infestadas, disminuir las aplicaciones de fertilizantes altos en Nitrógeno, controlar las colonias de hormigas asociadas a la plaga, riego constante, la sequía o época seca beneficia el desarrollo de las larvas

Control biológico: Promover las condiciones para la presencia de enemigos naturales del minador de las hojas.

Control químico: Imidacloprid (50 gr por bomba con 20 litros de agua)

Cochinilla (*Puto barberi*):

La cochinilla mide de 3 a 5 mm de largo, de cuerpo ovalado y posee una cutícula de color amarillo, está cubierto de caparazón de color blanco o marrón. Mantiene una simbiosis, existencia conveniente con las hormigas.

Síntomas: Hojas de la planta decoloradas o amarillas, producen secreciones azucaradas, donde se desarrolla el hongo (*Capnodium spp*) (Fumagina) que forma una película color negro sobre las hojas, que interfiere en la fotosíntesis de la planta.

Control cultural: Eliminación de plantas muy infestadas con la plaga, evitar fertilización muy nitrogenada.

Control biológico: Promover las condiciones para la presencia de enemigos naturales de la cochinilla. Se pueden usar depredadores naturales como (*Chrysoperla sp*).

Control químico: Imidacloprid (50 gr por bomba con 20 litros de agua)

Áfidos (*Aphis coffeae*):

Son insectos pequeños (2mm de largo), de color amarillo, verde claro o negro. Se reproducen de manera rápida formando grandes colonias en corto tiempo. Tiene preferencia por los brotes tiernos de las hojas, por la succulencia de estas, porque chupan la savia de con mayor facilidad.

Síntomas: Tiene preferencia por los brotes tiernos de las hojas, por la succulencia de estas, porque chupan la savia con mayor facilidad.

Control cultural: Eliminar malezas alrededor y dentro el vivero, tener precauciones al ingresar materiales de otros viveros, eliminación de plantas muy infestadas con la plaga, evitar fertilización alta en Nitrógeno.

Control biológico: Promover las condiciones para la presencia de enemigos naturales. Entre los insectos predadores que regulan las poblaciones de áfidos están: los coccinélidos, crisopideos y sirfido.

Enfermedades

Otro tema muy importante en la producción de plantas en viveros es el manejo de las enfermedades, causadas principalmente por hongos y en algunos casos bacterias. Algunas enfermedades se presentan en el suelo y atacan las raíces de las plantas y los tallos en el cuello de la raíz, otras pueden atacar el tallo de la plántula en desarrollo y las hojas, hasta causar la muerte de las plantas. Es importante resaltar que una buena nutrición de la planta, le permite tolerar el ataque de hongos y disminuir la aparición de enfermedades.

La observación o el monitoreo, es una práctica que debe ser constante en el vivero, por parte de la persona encargada, esto nos permitirá identificar la fuente de la afectación, conocer al

causante y las condiciones que favorecen su presencia y tomar acciones oportunamente para su control.

Las principales enfermedades que se encuentran en los viveros de café son:

Mal del talluelo (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp*, *Phytophthora spp*, *Pythium spp*, *Sclerotium spp*):

Se manifiesta en focos donde hay plántulas con tallos u hojas negras, amarillas o plántulas muertas. Es la enfermedad más importante de los semilleros, presentándose además en los almácigos.

Síntomas: Síntoma principal es la formación de una lesión acuosa de color pardo oscura o negra en la base del tallo, que provoca el marchitamiento y volcamiento de las plántulas.

Control cultural: Usar sustrato inerte o desinfectado adecuadamente, no ingresar plantas o sustratos contaminados al vivero, procurar aireación entre las plántulas, controlar el riego y la sombra.

Control químico: Carbendazim (50 cc por bomba con 20 litros de agua), Clorotalonil (100 cc por bomba con 20 litros de agua), Amistar (45cc – 50cc por bomba con 20 litros de agua)

Cancros (*Myrothecium roridum*):

Síntomas: En la parte baja del tallo se observan canchros o lesiones negras, se observa la muerte de la raíz pivotante o raíz principal, ocasionalmente se pueden encontrar lesiones en las hojas de la planta, debido principalmente a un ambiente extremadamente húmedo.

Control cultural: Usar sustrato inerte o desinfectado adecuadamente, no ingresar plantas o sustratos contaminados al vivero, procurar aireación entre las plántulas, controlar el riego y la sombra, permitir el aumento de la temperatura en el vivero Control biológico: Aplicación al sustrato de hongo (*Trichoderma spp.*) Es un hongo competitivo, desplaza a otros hongos del sustrato y la solución del suelo.

Control químico: Carbendazim (50 cc por bomba con 20 litros de agua), Clorotalonil (100 cc por bomba con 20 litros de agua), Amistar (45cc – 50cc por bomba con 20 litros de agua)

Mancha de hierro (*Cercospora*):

Muy común en el vivero. La infección se favorece por condiciones de estrés y desnutrición en la planta. Las lesiones inician de un tamaño pequeño y crecen hasta causar la caída prematura de las hojas.

Síntomas: Se observan lesiones circulares con borde color café o marrón y centro claro. En algunos casos se observa halo (anillo) amarillo.

Control cultural: Garantizar un buen plan de nutrición, controlar la sombra y la humedad en el vivero, hacer un arreglo de los contenedores (bolsas, tubetes, pellets o pilones) de tal forma que permita la aireación entre una planta y otra.

Control biológico: No se conocen experiencias en el eficiente control biológico de hongos que atacan la parte aérea de la planta de café, aunque sí hay experiencias en el control con caldos minerales como el Caldo Sulfocálcico.

Control químico: Carbendazim (50 cc por bomba con 20 litros de agua), Clorotalonil (100 cc por bomba con 20 litros de agua), Amistar (45cc – 50cc por bomba con 20 litros de agua)

2.3.9. Riego

Los requerimientos hídricos son variables y dependen de la demanda atmosférica, de la densidad de siembra y de la edad de la plantación, de esta manera encontramos que los requerimientos hídricos del cultivo de café oscilan entre 57 mm cada mes a una altitud de 1,800 m, en un cafetal menor de un año y a una densidad de 2 500 plantas ha, hasta 135 mm/mes en un cafetal mayor de 3 años a 1.000 m de altitud y con una densidad de 10,000 plantas ha (Cenicafé, 2014. Pág. 3).

Tabla 1. Requerimientos hídricos de café en función de la altitud, edad y densidad de siembra.

Altitud metros	Edad años	Densidad plantas/ha	Requerimientos hídricos			
			mm/día	mm/mes	mm/año	L/día/planta
1,000	0 - 1	2,500	2.2	67	817	9
1,000	0 - 1	5,500	2.7	82	992	5
1,000	0 - 1	7,500	2.9	87	1,061	4
1,000	0 - 1	8,500	3	89	1,088	4
1,000	0 - 1	10,000	3.1	92	1,124	3
1,400	0 - 1	2,500	2.1	62	755	8
1,400	0 - 1	5,500	2.5	75	916	5
1,400	0 - 1	7,500	2.7	80	979	4
1,400	0 - 1	8,500	2.8	83	1,005	3
1,400	0 - 1	10,000	2.8	85	1,038	3
1,800	0 - 1	2,500	1.9	57	697	8
1,800	0 - 1	5,500	2.3	69	845	4
1,800	0 - 1	7,500	2.5	74	904	3
1,800	0 - 1	8,500	2.5	76	927	3
1,800	0 - 1	10,000	2.6	79	958	3

Fuente: biblioteca.cenicafe.org

2.4. *Características de la variedad de Café (Coffea arábica) utilizadas en este trabajo experimental*

Parainema

En 2019, R. Velásquez describió la variedad de *Coffea arábica* (Parainema), de la siguiente manera. Esta variedad se originó en Honduras a través del Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ). Proviene del cruce de la variedad Villa Sarchí 971/10 y el Híbrido de Timor CIFIC 832/2 realizado en 1959 en el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto (CIFIC), Oeiras, Portugal, donde recibió la denominación de CIFIC H 361. Este cruce se realizó con el objetivo de transmitirle a la variedad Villa Sarchí genes de resistencia a la roya, sirviendo también de fuente de resistencia a los nematodos.

Fue a partir de 1979, con la colaboración del Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura de Centroamérica, República Dominicana, Jamaica y Panamá (PROMECAFÉ), que el Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ) introdujo la progenie (F2) T-5296 (IHC 166), de la cual seleccionó las líneas T-5296-170 y T-5296-184, sobresaliendo la última por grano grande y buena productividad, resistencia a roya y a nematodos, permitiendo la selección de varias líneas de su quinta descendencia (F5), cuya base genética la constituyen las mejores plantas identificadas en el proceso de selección.

En 1995 se realizó estudios comparativos de productividad, adaptabilidad y comportamiento agronómico de la línea Sarchimor T-5269-184 (variedad Parainema) a través de parcelas establecidas en los departamentos de Honduras: El Paraíso, Santa Bárbara, Cortés, Olancho, Marcala y Comayagua, quienes presentan una amplia y contrastante gama de ambientes y suelos, con altitudes que va de los 850 a 1,440 metros sobre el nivel del mar (2,790 a 4,725 pies sobre el nivel del mar). Se obtuvo una productividad promedio de 48.3 quintales de café pergamino seco por manzana. Además, esta variedad presentó resistencia al ataque de nematodos *Meloidogyne exigua* bajo condiciones de campo, en la zona de Las Lima, Alauca, El Paraíso.

Las plantas presentan follaje abundante, buen vigor vegetativo y buena respuesta al manejo de tejido. Es de porte bajo, con una copa cónica bien desarrollada. Los frutos son grandes de color rojo y brotes verdes.

Evaluaciones realizadas por el IHCAFÉ determinaron que esta variedad produce bajo porcentaje de frutos vanos (4.2%). Presenta resistencia a la roya y susceptibilidad al ataque de mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y al ojo de gallo (*Mycena citricolor*). (Pág. 17).

Características principales de la variedad de café Parainema.

Porte: Bajo.

Tamaño de los granos: Grande.

Potencial de rendimiento: Bueno.

Potencial de calidad de taza mostrado en altura: Bueno.

Altitud óptima para el establecimiento de la variedad: 700 – 1,300 msnm.

Nivel de resistencia a la Roya: Altamente resistente.

Nivel de resistencia a Nematodos: Altamente resistente.

Nivel de resistencia a la Antracnosis: Tolerante.

CAPITULO III

3.1. *Diseño metodológico*

3.1.1. Ubicación geográfica del estudio

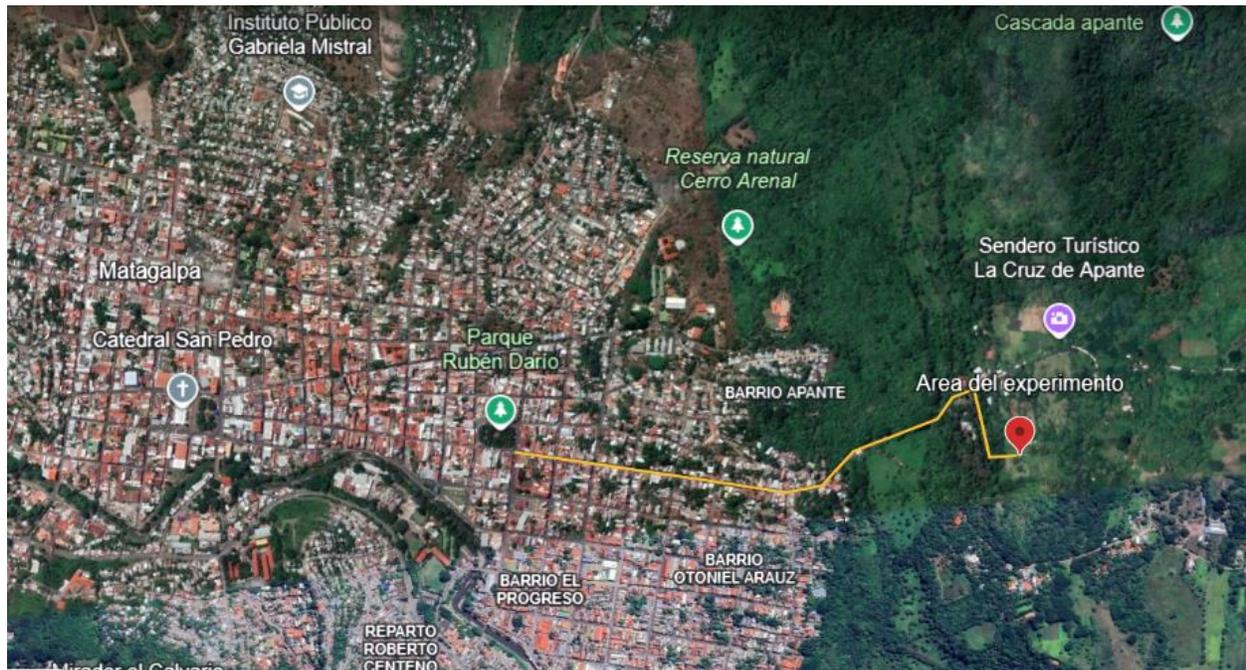
El estudio experimental fue desarrollado en la quinta San José, propiedad del sr. Ariel García López. Ubicada en el municipio de Matagalpa en coordenadas 12.9106001 -85.9216501, específicamente a 650 metros de la salida hacia Apante.

Imagen 1. Mapa de área del experimento.



Fuente: Google Earth.

Imagen 2. Mapa de ubicación de área del experimento.



Fuente: Google Earth.



Ubicación del experimento.



Ruta hasta el área del experimento.

3.2. Descripción de la zona de estudio

El área experimental está conformada por un área de 8 metros cuadrados, en donde se construyó una estructura para proteger a las plantas de afectaciones por el sol y las lluvias, en este se establecieron 4 bloques de 30 bolsas, las cuales cuentan con diferentes sustratos para el desarrollo del experimento.

Para realizar el análisis de resultados en la investigación, se utilizará el diseño de bloques completamente al azar (BCA), con 24 tratamientos, cinco repeticiones de cada uno de ellos y cinco variables dependientes.

3.3. *Ámbito de estudio*

La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN Managua – CUR Matagalpa) en su facultad de ciencias y sanidad promueve la realización de investigaciones experimentales con objetivo de optar al título universitario, la presente investigación se basa en evidenciar las características que presenta la variedad de café “Parainema” al ser sometidas a reproducción por medio de material vegetativo (Reproducción por esquejes), donde se les proporciona distintos tratamientos tanto en hormona enraízante (Rootex, BioSmart), dosis de enraízante (Concentraciones bajas, medias y altas según indicaciones de productos utilizados) y sustrato en el que se establece el material vegetativo (Suelo 50 % + cascarillas de arroz 30 % + fibra de coco 20 %; Biocarbón + Lombriz humus; Arena + suelo; Lombriz humus + Cascarilla de arroz), mediante estos factores se plantea determinar la eficacia mediante cuatro indicadores (Porcentaje de enraizamiento, Longitud de las raíces, Numero de raíces, Numero de yemas brotadas).

Los esquejes utilizados en la elaboración del proyecto fueron ubicados en la Quinta San José, la cual se encuentra en el departamento de Matagalpa, a 500 metros del casco urbano de la cabecera departamental, donde se le proporcionaron las características adecuadas que se requieren para el establecimiento de viveros.

Los esquejes destinados para la elaboración del proyecto fueron seleccionados tomando en cuenta dos características siendo estas, no presentar daños físicos en la estructura del esqueje y que estos posean tres yemas donde desarrollaran brotes de hojas.

Tipo de estudio

En el presente estudio, se adoptó un enfoque de investigación experimental con el objetivo de analizar el efecto dos distintas hormonas enraizantes en el proceso de formación de raíces en esquejes de café (*Coffea arábica*). La investigación se llevó a cabo en un ambiente controlado donde se permitió manipular la cantidad de agua que recibían los esquejes y la exposición a la luz solar. Este diseño experimental se eligió con el propósito proveer de una alternativa a los pequeños productores para renovar sus plantaciones con poca inversión

La metodología experimental consistió en la asignación aleatoria de tratamientos a 120 esquejes de café donde se crearon 4 bloques completamente al azar, los cuales fueron expuestos a

las mismas condiciones ambientales. Durante un período de 16 semanas, se midieron y registraron variables de porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, número de yemas brotadas y número de cayos.

3.4. *Tipo de investigación*

Según el nivel

La investigación es *descriptiva* por el diseño de la investigación, creación de preguntas y análisis de datos que se llevarán a cabo sobre el tema. Se conoce como método de investigación observacional porque la investigación se enfoca en las características de una población en este caso los 120 esquejes.

Según el paradigma

La investigación es *cuantitativa* este es un método de investigación que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos. Se utiliza para describir, explicar y predecir fenómenos.

Según el diseño

Es *experimental* porque la investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Por el alcance

Es *transversal* porque en el estudio de investigación se recopila cierta información, en un momento determinado o en el transcurso de un periodo corto. La investigación analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo determinado sobre una población.

3.5. *Población y muestra*

El experimento cuenta con 24 tratamientos, de los cuales se realizaron 5 repeticiones por cada uno de estos, donde cada uno de estos individuos serán sometidos a la medición de cada una de las variables, debido a esto determinamos que la población y la muestra son de 120 esquejes.

Plan de manejo, nutrición y manejo de plagas y enfermedades del experimento.

Tabla 2. Plan de manejo, nutrición y control de plagas y enfermedades

Plan de manejo y nutrición																	
Arena + Suelo																	
Descripción	Producto	Dosis	Unidad de medida	Lugar de aplicación	Semana de aplicación												
					16-sep				16-oct				16-nov				16-dic
					38	29	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Aplicación de enraizadores a esquejes	Rootex / BioSmart	3 ml/l BioSmart enraizar, 5 ml/l BioSmart enraizar, 7 ml/l BioSmart enraizar - 18 g/l Rootex, 23 g/l Rootex, 28 g/l Rootex	BioSmart enraizer: ml/l - Rootex: g/l	Inmersión de esquejes	X										X		
Riego	Agua		Litros	Directo a sustrato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fertilización	Activa	4 ml/lt	ml/lt	Drench					X								
Fertilización	Foliar mix	5 gr/lt	gr/lt	Foliar							X						
Limpieza					X		X		X		X		X		X		X
Control de enfermedades	Carbendazim	2.5 ml/lt	ml/lt	Drench	X						X						

Fuente: García (2025)

3.6. Descripción de los tratamientos

Tabla 3. Descripción de los tratamientos

FACTORES		ENRAIZADORES					
		BIOSMART ENRAÍZER			ROOTEX		
		D1	D2	D3	D1	D2	D3
SUSTRATOS	S1	<i>S1D1B</i>	<i>S1D2B</i>	<i>S1D3B</i>	<i>S1D1R</i>	<i>S1D2R</i>	<i>S1D3R</i>
	S2	<i>S2D1B</i>	<i>S2D2B</i>	<i>S2D3B</i>	<i>S2D1R</i>	<i>S2D2R</i>	<i>S2D3R</i>
	S3	<i>S3D1B</i>	<i>S3D2B</i>	<i>S3D3B</i>	<i>S3D1R</i>	<i>S3D2R</i>	<i>S3D3R</i>
	S4	<i>S4D1B</i>	<i>S4D2B</i>	<i>S4D3B</i>	<i>S4D1R</i>	<i>S4D2R</i>	<i>S4D3R</i>
		12 TRATAMIENTO SUST*BIOSMART ENRAÍZER			12 TRATAMIENTO SUST*ROOTEX		

Fuente: Chavarría (2025)

Legenda para tabla de descripción de tratamientos.

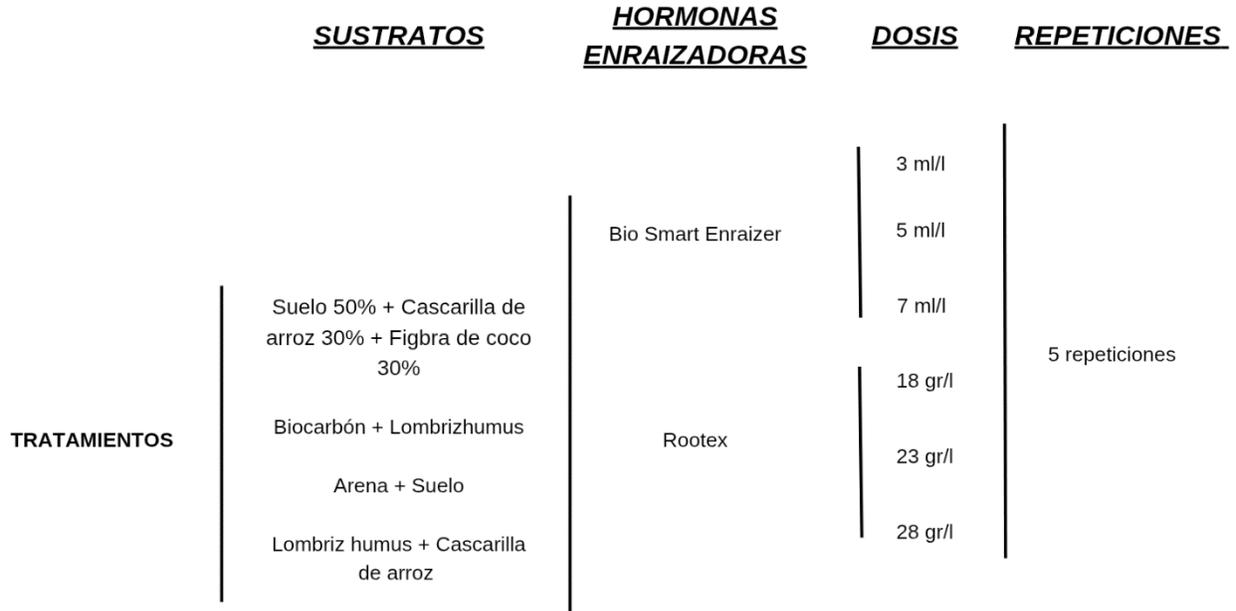
S1	50% Suelo + Cascarilla de arroz 30% + Fibra de coco 20%		
S2	Biocarbón + Lombriz humus		
S3	Arena + Suelo		
S4	Lombriz humus + Cascarilla de arroz		
D1 BioSmart enraizer	3 ml/l	D1 Rootex	18 g/l
D1 BioSmart enraizer	5 ml/l	D1 Rootex	23 g/l
D1 BioSmart enraizer	7 ml/l	D1 Rootex	28 g/l

Fuente: Chavarría (2025).

3.7. Diseño de los experimentos

El experimento está conformado por 24 tratamientos, estos compuestos por 4 diferentes sustratos, 2 hormonas enraizadoras y 3 dosis por cada una de estas hormonas, además se establecerán 5 repeticiones por cada tratamiento planteado.

Imagen 3. Diseño del experimento.



Fuente: García (2025).

3.7.1. Plano de campo

Tabla 4. Tratamientos con sustrato conformado por: Suelo 50 %, cascarillas de arroz 30 %, fibra de coco 20 %

TTO 1	TTO 2	TTO 3	TTO 4	TTO 5	TTO 6
TTO 2	TTO 3	TTO 4	TTO 5	TTO 6	TTO 1
TTO 4	TTO 1	TTO 6	TTO 3	TTO 2	TTO 5
TTO 3	TTO 4	TTO 5	TTO 6	TTO 1	TTO 2
TTO 5	TTO 6	TTO 1	TTO 2	TTO 3	TTO 4

Fuente: García (2025).

Tabla 5. Tratamientos con sustrato conformado por: Biocarbón + Lombriz humus.

TTO 7	TTO 8	TTO 9	TTO 10	TTO 11	TTO 12
TTO 8	TTO 9	TTO 10	TTO 11	TTO 12	TTO 7
TTO 10	TTO 7	TTO 12	TTO 9	TTO 8	TTO 11
TTO 9	TTO 10	TTO 11	TTO 12	TTO 7	TTO 8
TTO 11	TTO 12	TTO 7	TTO 8	TTO 9	TTO 10

Fuente: García (2025).

Tabla 6. Tratamientos con sustrato conformado por: Arena + suelo.

TTO 13	TTO 14	TTO 15	TTO 16	TTO 17	TTO 18
TTO 14	TTO 15	TTO 16	TTO 17	TTO 18	TTO 13
TTO 16	TTO 13	TTO 18	TTO 15	TTO 14	TTO 17
TTO 15	TTO 16	TTO 17	TTO 18	TTO 13	TTO 14
TTO 17	TTO 18	TTO 13	TTO 14	TTO 15	TTO 16

Fuente: García (2025).

Tabla 7. Tratamientos con sustratos conformados por: Lombriz humus + Cascarilla.

TTO 19	TTO 20	TTO 21	TTO 22	TTO 23	TTO 24
TTO 20	TTO 21	TTO 22	TTO 23	TTO 24	TTO 19
TTO 22	TTO 19	TTO 24	TTO 21	TTO 20	TTO 23
TTO 21	TTO 22	TTO 23	TTO 24	TTO 19	TTO 20
TTO 23	TTO 24	TTO 19	TTO 20	TTO 21	TTO 22

Fuente: García (2025).

3.8. Operacionalización de variables

Tabla 8. Operacionalización de variables.

Objetivos	VARIABLES	Sub variables	Indicador	Método	Medios
Determinar la inducción de brotes y hormona y dosis adecuada para la inducción de raíces y brotes en esquejes de café (<i>Coffea arabica</i>).	Inducción de brotes y raíces según tratamientos	Brotos	Cantidad de brotes	Análisis.	Estándares de evolución esperados.
		Raíces	Cantidad de raíces Longitud de raíces	Medición.	Cinta o regla graduada en centímetros
Identificar el mejor sustrato para el enraizamiento y brotamiento de esquejes de café (<i>Coffea arabica</i>).	Enraizamiento y brotamiento de los esquejes de café.	Composición de los sustratos.	Retención de agua.	Volumétrico	Cilindro, pesa, horno
			Densidad aparente	Relación peso/volumen	Cilindro, pesa
			Porosidad	Ecuación para porosidad	
Evaluar el número de raíces generadas por los esquejes de café (<i>Coffea arabica</i>).	Numero de raíces		Cantidad de raíces	Conteo	

Fuente: Castellón (2025).

3.9. Instrumentos de levantado de datos de campo

Los instrumentos de levantamiento de datos de campo son herramientas y dispositivos utilizados para recopilar información en situaciones prácticas o en entornos al aire libre, los instrumentos usados en este experimento son:

1. GPS (Sistema de Posicionamiento Global): Es un sistema de navegación basado en satélites que proporciona información de ubicación y tiempo en todas las condiciones meteorológicas, en cualquier lugar de la Tierra donde haya una línea de visión despejada hacia cuatro o más satélites GPS.
2. Cinta métrica: Tira de material flexible dividida en metros y centímetros, u otras unidades, que sirve para medir longitudes.
3. Brújula: Instrumento consistente en una caja en cuyo interior una aguja imantada gira sobre un eje y señala el norte magnético, que sirve para determinar las direcciones de la superficie terrestre.
4. Estacas: Palo afilado en un extremo para clavarlo.

CAPITULO IV

4.1. *Análisis y discusión de resultados*

4.1.1. Análisis estadístico

La investigación experimental se caracteriza por su enfoque en la manipulación y control de variables para establecer relaciones de causa y efecto. Una vez recopilados los datos, el análisis estadístico emerge como una herramienta fundamental para interpretar los resultados y extraer conclusiones significativas. Este proceso implica la aplicación de métodos y técnicas que permiten resumir, organizar y analizar los datos, revelando patrones y diferencias entre los tratamientos evaluados. La elección de las pruebas estadísticas adecuadas dependerá del diseño experimental, el tipo de datos y las preguntas de investigación planteadas.

En este contexto, el análisis estadístico se convierte en una herramienta indispensable para el investigador, ya que proporciona la base objetiva y rigurosa para aceptar o rechazar una hipótesis, identificar relaciones entre variables y tomar decisiones respaldadas. Al comunicar los resultados de una investigación experimental, es fundamental presentar el análisis estadístico de manera clara y transparente, detallando los métodos utilizados, los resultados obtenidos y su interpretación en el contexto del estudio.

4.1.2. Indicador “Porcentaje de enraizamiento”

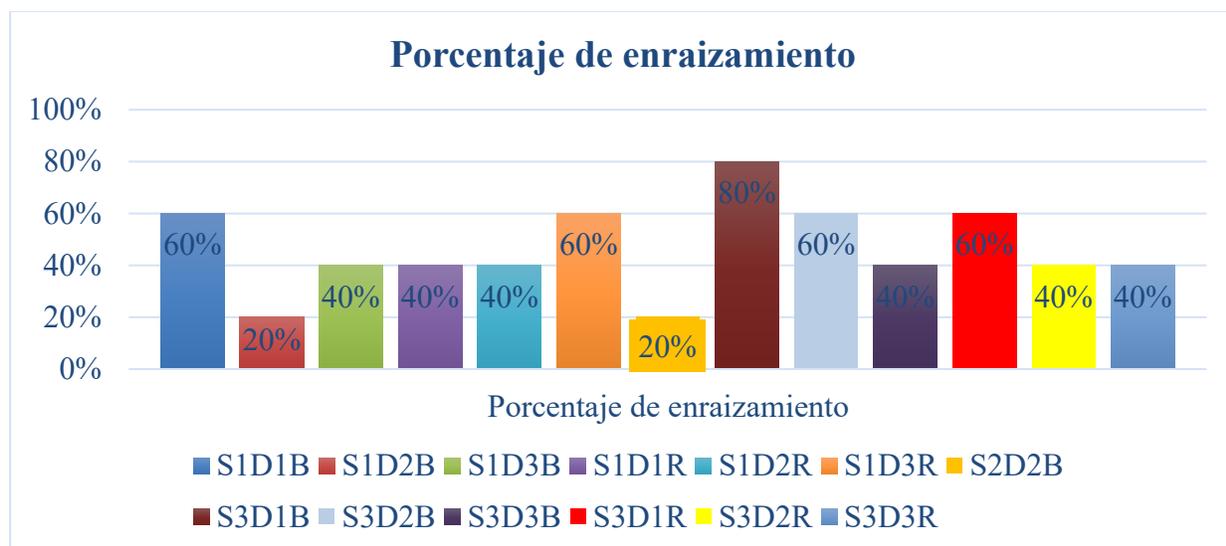
Tabla 9. Análisis de ANOVA (Porcentaje de enraizamiento).

ANOVA					
% de enraizamiento					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	81000.000	23	3521.739	2.348	.002
Dentro de grupos	144000.000	96	1500.000		
Total	225000.000	119			

Fuente: Elaboración propia por medio de IBM SPSS STATISTICS.

Se llevó a cabo el análisis estadístico por medio de “ANOVA” el cual se evalúa bajo un nivel de confianza de 95%, este nos indica que la variable de “Porcentaje de enraizamiento” obtiene diferencia estadística significativa de 0.002, por ser menor de 0.05. Ante esto se acepta la Ha. “Los tratamientos presentaron resultados significativos en el porcentaje de enraizamiento y número de brotes en los esquejes de café (*Coffea arabica*)”, también se acepta la Ha. “Los esquejes de café (*Coffea arabica*) presentaron una alta tasa de enraizamiento en el sustrato elaborado a base de 50% arena + 50% suelo”.

Gráfico 1. Porcentaje de enraizamiento de esquejes.



Fuente: Elaboración propia.

El mayor porcentaje de enraizamiento lo presentó el “S3D1B”, con un 80%. Este tratamiento está conformado por un sustrato a base de 50% de arena + 50% de suelo y 3 ml/l de BioSmart enraizer, compuesto por aminoácidos libres, ácidos fúlvicos y fósforo; seguido por “S1D1B” conformado por sustrato a base de 50 % de suelo + 30% de cascarillas de arroz + 20% de fibra de coco, 3 ml/l de BioSmart enraizer; “S1D3R” conformado por sustrato a base de 50 % de suelo + 30% de cascarillas de arroz + 20% de fibra de coco, 28 g/l Rootex; “S3D2B” conformado por 50% de arena + 50% de suelo, 5 ml/l BioSmart enraizer; “S3D1R” 50% de arena + 50% de suelo, 18 g/l de Rootex. Los 4 tratamientos presentaron un 60% de esquejes enraizados. Estos resultados fueron menores a los que obtuvo Morocho (2015), en su investigación titulada “Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutirico (AIB) y ácido naftalenacetico (ANA) en diferentes concentraciones en ventanas” mediante la cual obtuvo su resultado mayor, el cual fue de 95% de enraizamiento con el tratamiento a base de 1,200 mg de ácido naftalenacetico y 400 mg de ácido indolbutirico.

Imagen 4. Esquejes del TTO 12 al TTO 18.



Fuente: Fotografías capturadas en campo.

4.1.3. Indicador “Número de raíces”

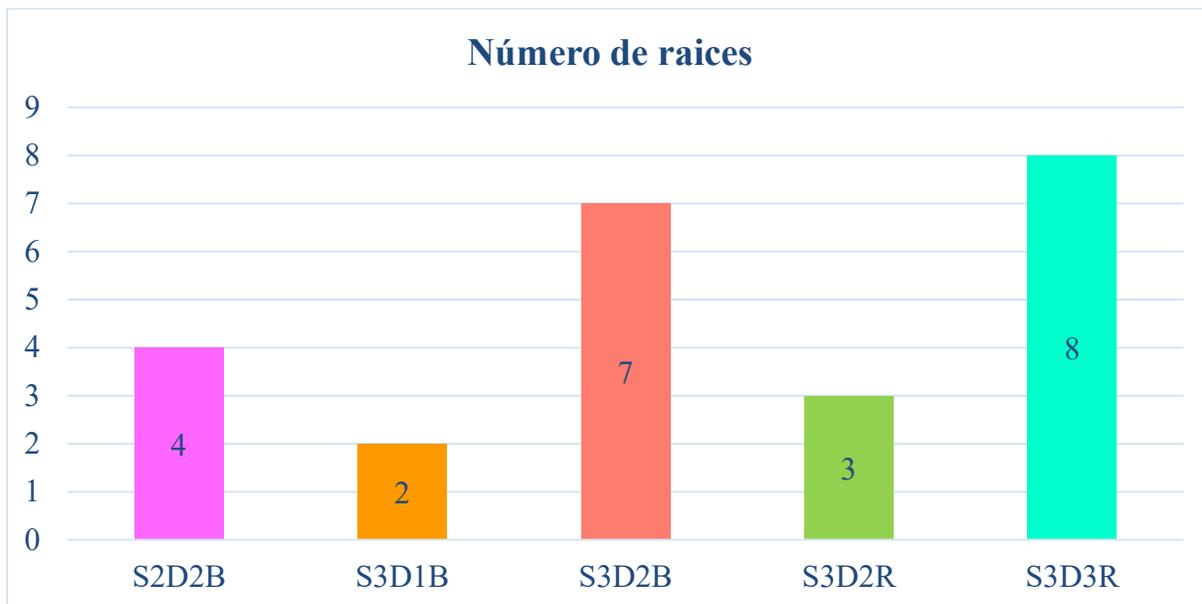
Tabla 10. Análisis de ANOVA (Numero de raíces).

ANOVA					
Número de raíces					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	23.600	23	1.026	.915	.578
Dentro de grupos	107.600	96	1.121		
Total	131.200	119			

Fuente: Elaboración propia por medio de IBM SPSS STADISTICS.

Mediante el análisis estadístico “ANOVA” evaluado a un nivel de confianza de 95%, se concluye que el “número de raíces” obtiene un resultado de 0.578, esto significa que no existe diferencia significativa por ser mayor al nivel de error de 0.05 debido a estos resultados se acepta la Ho. Menos del 50% de los esquejes presentaron desarrollo de raíces.

Gráfico 2. Número de raíces.



Fuente: Elaboración propia.

El tratamiento “S3D3R”, fue el que obtuvo mejor resultados, está conformado por un sustrato a base de 50% de suelo + 50% de arena y una dosis de 28 g/l de Rootex, este obtuvo un total de 8 raíces por tratamiento, seguido por el tratamiento “S3D2B”, con un total de 7 raíces entre los cinco esquejes, este tratamiento tiene un sustrato elaborado con 50% de arena + 50% de suelo y BioSmart enraizer en una dosis 5 ml/l, sin embargo, Morocho (2015), obtuvo resultados mayores en su investigación titulada “Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutirico (AIB) y ácido naftalenacetico (ANA) en diferentes concentraciones en ventanas” con un promedio de raíces de 6,03 con el producto hormonagro o acido alfa naftalenacetico (ANA).

Imagen 5. Raíces en esqueje de “S3D3R”.



Fuente: Fotografías capturadas en campo.

4.1.4. Indicador “Longitud de raíz”

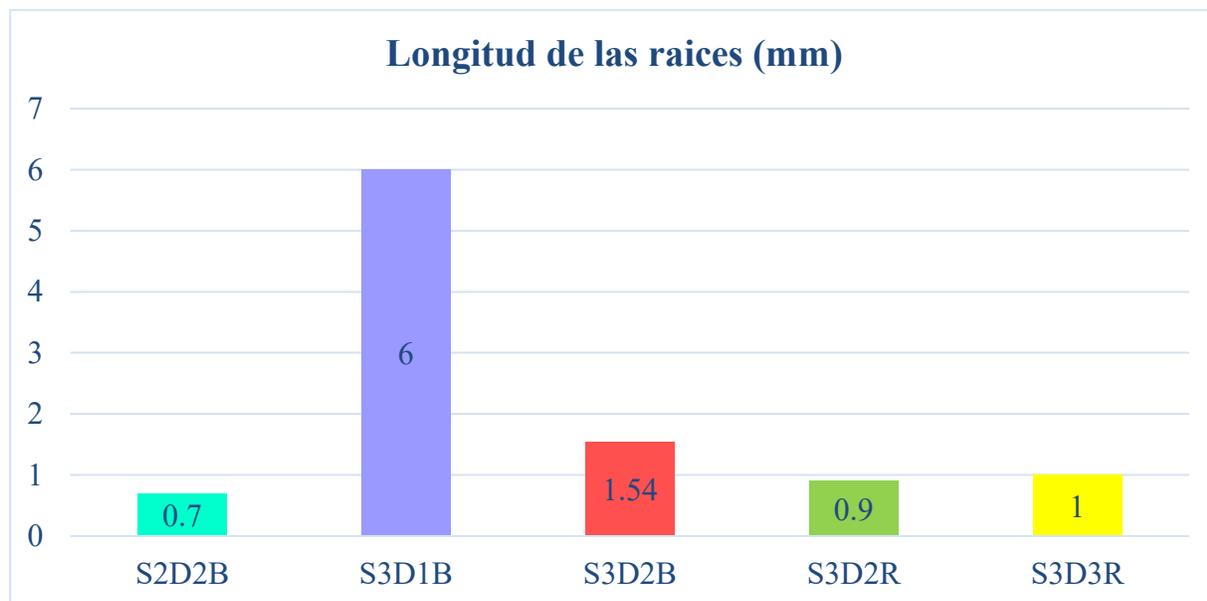
Tabla 11. Análisis de ANOVA (Longitud de raíces).

ANOVA					
Longitud de raíces					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	182.107	23	7.918	2.126	.006
Dentro de grupos	357.568	96	3.725		
Total	539.675	119			

Fuente: Elaboración propia por medio de IBM SPSS STATISTICS.

Desarrollando el análisis estadístico “ANOVA” con un nivel de confianza de 95% se determina que la “Longitud de raíz” tiene un resultado de 0.006 presentando estadística significativa al ser menor que 0.05.

Gráfico 3. Longitud de raíces.



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 3 representa la “Longitud de raíz” teniendo mejor resultado el “S3D1B” con una media de 6.00 mm, este tratamiento está conformado por un sustrato a base de 50% de arena + 50% de suelo y 3 ml/l de BioSmart enraizer, seguido el “S3D2B” con una media de 1.60 mm este tratamiento está conformado por 50% de arena + 50% de suelo y una dosis de 5 ml/l BioSmart enraizer. A comparación de, Morocho (2015) que obtuvo en los resultados una longitud de raíces de 15,53 cm equivalente a 155.3 mm, utilizando producto hormonagro o ácido alfa naftalenacetico (ANA) en su investigación que lleva por título “Propagación vegetativa de café robusta (Coffea canephora) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutirico (AIB) y ácido naftalenacetico (ANA) en diferentes concentraciones en ventanas”.

Imagen 6. Longitud de raíz.



Fuente: Fotografías capturadas en campo.

4.1.5. Indicador “Numero de yemas brotadas”

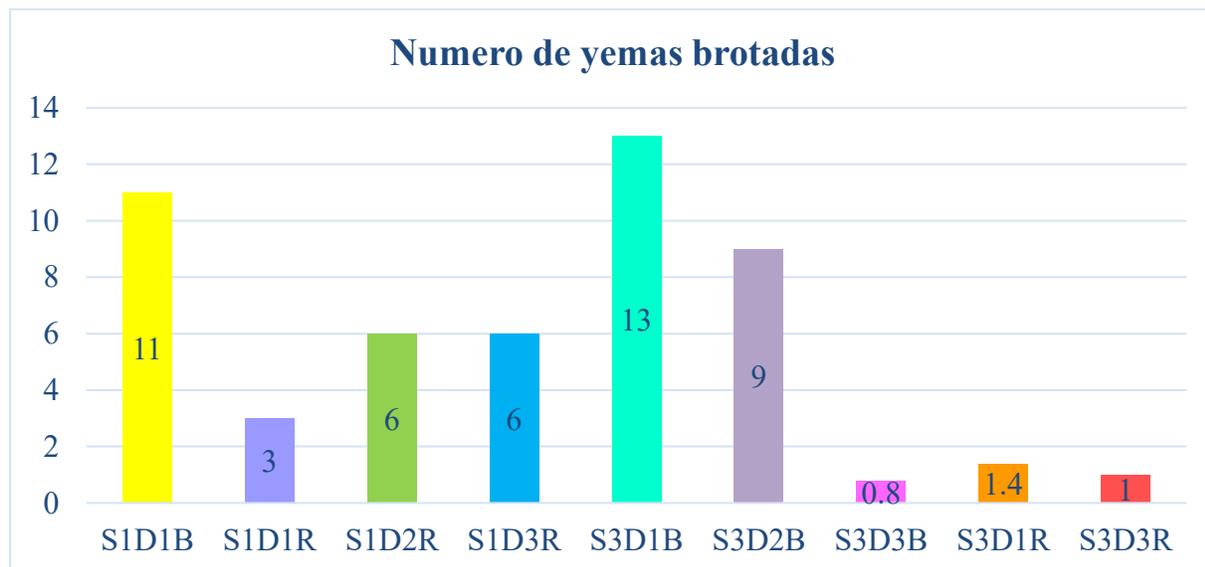
Tabla 12. Análisis de ANOVA (Numero de yemas brotadas).

ANOVA					
Número de yemas brotadas					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	72.500	23	3.152	2.113	.006
Dentro de grupos	143.200	96	1.492		
Total	215.700	119			

Fuente. Elaboración propia por medio de IBM SPSS STATISTICS.

Usando el método de análisis estadístico “ANOVA” bajo un nivel de confianza del 95% se logró determinar que la Variable de “Numero de yemas brotadas” obtuvo diferencia estadística significativa de 0.006, siendo menor de 0.05. Conforme a los resultados obtenidos se acepta la Ha. “Los tratamientos presentaron resultados significativos en el porcentaje de enraizamiento y numero de brotes en los esquejes de café (*Coffea arabica*)”, lo que significa que existen diferencias entre los tratamientos.”

Gráfico 4. Número de yemas brotadas.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados más altos fueron obtenidos por el “S3D1B”, con 13 yemas brotadas en total, este tratamiento está conformado por un sustrato a base de 50% de arena + 50% de suelo y 3 ml/l de BioSmart enraizer, compuesto por aminoácidos libres, ácidos fulvicos y fósforo; seguido por el “S1D1B” conformado por un sustrato a base de 50 % de suelo + 30 % de cascarillas de arroz, 20% de fibra de coco; 3 ml/l BioSmart enraizer, con 11 yemas brotadas en las cinco repeticiones.

En La Libertad, Ecuador. Silva (2021), realizó la investigación sobre “PROPAGACIÓN DE MANGO (*Mangifera indica*) POR ESQUEJES”, donde obtuvo que el tratamiento (T2D1) fue el que sobresalió teniendo como resultado una media de tres brotes por esqueje, sin embargo, los tratamientos (T1D3), (T2D3) y el testigo presentando una media de 1 brote por esqueje.

Imagen 7. Esqueje con mayor número de yemas brotadas.



Fuente: Fotografías capturadas en campo.

4.1.6. Indicador “Número de callos brotados”

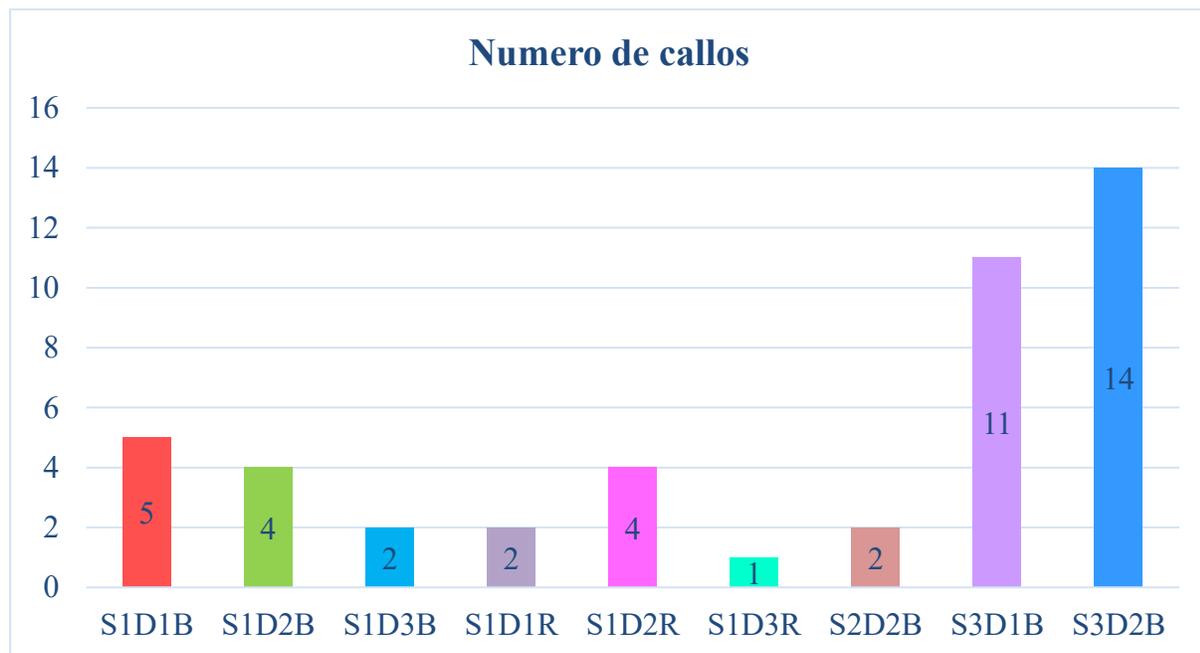
Tabla 13. Análisis de ANOVA (Número de callos brotados).

ANOVA					
Número de callos					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	60.525	23	2.632	1.689	.041
Dentro de grupos	149.600	96	1.558		
Total	210.125	119			

Fuente: Elaboración propia por medio de IBM SPSS STATISTICS.

Mediante la implementación de IBM SPSS Statistics, se realizó análisis de ANOVA, el cual determinó que la variable de “número de callos brotados”, obtuvo diferencias estadísticas significativas de 0.041, la cual debe ser menor a 0.05.

Gráfico 5. Número de cayos



Fuente: Elaboración propia por medio de IBM SPSS STATISTICS.

El “S3D2B” conformado por 50% de arena + 50% de suelo, 5 ml/l BioSmart enraizer, obtuvo el resultado que resalto más en el conteo de cayos, siendo 14 cayos, seguido por el “S3D1B” el cual está conformado por un sustrato a base de 50% de arena + 50% de suelo y 3 ml/l de BioSmart enraizer y obtuvo 11 callos totales en sus cinco repeticiones.

En esquejes de café robusta (*Coffea canephora*) para el mismo indicador Villon (2021), realizó el análisis mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error, en la cual se observó que el mejor tratamiento fue T1 (100 ml de aloe vera) obtuvo un 91,18% después de la siembra y el que presentó menor porcentaje de callos fue el T4 (testigo) con un 70,83%.

Imagen 8. Callos en esqueje del “S3D2B”.



Fuente: Fotografías capturadas en campo.

CAPITULO V

5.1. Conclusiones

Al procesar y analizar los resultados obtenidos se concluye que el enraizador BioSmart enraizer en dosis de 3 ml/l fue el enraizante que obtuvo mejores resultados en la inducción de brotes y raíces en los esquejes de café.

Analizando los sustratos se determinó que el sustrato elaborado a base de arena y suelo a proporción de 50% cada uno, obtuvo los mejores resultados para las variables de porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces y número de yemas brotadas.

Respecto al número de raíces se determina que el “S3D3R”, presentó los mejores resultados obteniendo 8 raíces en total, este tratamiento consistía en un sustrato elaborado con 50% de suelo + 50% de arena y 28 gramos por litro de agua de Rootex.

5.2. Recomendaciones

- Futuros investigadores.

Considerando los resultados obtenidos, se recomienda el uso de BioSmart enraizer en dosis de 3ml por litro de agua, ya que demostró ser el más efectivo en la inducción de brotes y raíces en los esquejes de café. En cuanto al tipo de sustrato se sugiere emplear una mezcla de arena y suelo en proporción de 50% cada uno, dado que este sustrato presentó los mejores resultados en cuanto a las variables evaluadas.

Si bien este estudio ha proporcionado información valiosa sobre el efecto de BioSmart enraizer y Rootex en el enraizamiento de esquejes de café, es fundamental reconocer ciertas limitaciones que podrían abordarse en futuras investigaciones. En primer lugar, la investigación se llevó a cabo en condiciones semi controladas, lo que plantea la pregunta de si los resultados serían relevantes en condiciones de ambiente controlado como invernadero, donde factores ambientales se encuentren dentro de los parámetros adecuados, esto podría mejorar los resultados obtenidos. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios en ambientes controlados para validar la eficacia del enraizador en situaciones donde no se vea afectado por condiciones que puedan perjudicar los resultados de este.

En segundo lugar, este estudio se realizó en época de invierno, donde la humedad relativa, temperatura y precipitación, las cuales pudieron afectar los resultados obtenidos en los esquejes, sería interesante analizar el comportamiento de los esquejes siendo sometidos a condiciones de verano donde estos factores antes mencionados son diferentes y pueden evidenciar otros resultados en el enraizamiento de los esquejes.

- Universidad

Dada la importancia de estas técnicas alternativas de propagación vegetativa, se plantea a la universidad, continuar con diferentes investigaciones sobre reproducción asexual de plantas en diferentes ambientes, de igual manera desarrollar el experimento durante mayores periodos de tiempo, así mismo, se considera de gran importancia que la universidad formara alianzas con empresas agrícolas, centros de investigación y organizaciones, para facilitar la transferencia de conocimiento y la creación de oportunidades de empleos a estudiantes egresados.

5.3. Bibliografías consultadas

AZCÓN (2008). Fundamentos de fisiología vegetal [Archivo PDF] Departamento de Biología Vegetal Facultad de Biología Universitat de Barcelonan <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

ALEGSA (2024). Significado de «enraizar» *Definiciones de.com* <https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/enraizar.php>

Barbat (2006) *La multiplicación de las plantas* [Archivo PDF] file:///E:/MONOGRAFIA/BIBLIOGRAFIAS/a_barbat.pdf

Bures (2002). *Sustratos: Propiedades Físicas Química y Biológicas* [Archivo PDF]. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2002_E_70_79_BIS.pdf

Bárbaro (2023). *Sustratos: principales propiedades a tener en cuenta*. INTA – Estación experimental agropecuaria Cerro Azul https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15267/INTA_CRMisiones_EACerroAzul_Barbaro_L_%20Sustratos_Principales_propiedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Borsari (2020). *El biocarbono (biochar): manejo sostenible de los residuos de cultivos (Biochar: Sustainable management of crops residues)* [Archivo PDF]. Foro de investigación de la Universidad Tecnológica Oteima 2020: “Economía circular, alternativa para un futuro sostenible” <file:///C:/Users/mauri/Downloads/OTUconferenceOct.2.pdf>

Baquero (2024). *La Cascarilla de Arroz como Recurso Estratégico para la Industria y los Productores*. <https://www.inproarroz.com/post/la-cascarilla-de-arroz-como-recurso-estrat%C3%A9gico-para-la-industria-y-los-productores>

BioEspacios orgánicos y minerales (abril, 2023). La utilización de la cascarilla de arroz en la agricultura. <https://bioespacio.co/la-utilizacion-de-la-cascarilla-de-arroz-en-la-agricultura/#:~:text=La%20cascarilla%20de%20arroz%20es%20un%20subproducto%20que,de%20usos%20y%20beneficios%20para%20la%20agricultura%20sostenible.>

Buechel (2019). *Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo*. <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo>

Colombo (2018) *La reproducción por Esquejes* [Archivo PDF] https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=dGiKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=que+es+un+esqueje+&ots=ddNVerUSLm&sig=SfRg90_gbTMvuiQVWwa7MSALs_8#v=onepage&q=que%20es%20un%20esqueje&f=false

COCOON (2017). *Humus de lombriz sólido, Ficha técnica* [Archivo PDF]. Venta de productos derivados de la lumbricultura, Querétaro, México. <http://cocoonhumus.com/wp-content/uploads/2015/08/Ficha-Tecnica-Cocoonhumus-Humus-Solido.pdf>

"Criterios para definir la densidad máxima de siembra en café". (diciembre, 2014). Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/564/1/avt0450.pdf>

Domingo (2007). *Crecimiento y desarrollo de los cultivos* [Archivo PDF]. file:///E:/UNAN/TESIS/documentos%20de%20informacion/tema-13.-crecimiento_y_desarrollo_de_los_cultivos.pdf

"El sistema de posicionamiento global (GPS)". (2024, mayo). Algorcards. <https://cards.algoreducation.com/es/content/9H4xN8ht/funcionamiento-importancia-gps>

Flores (2019). *¿Qué es la sombra y como se produce?* <https://la-respuesta.com/consejos-utiles/que-es-la-sombra-y-como-se-produce/>

FAO (2024) *Portal de Suelos de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Fertilab (2017) *El Humus de Lombriz* [Archivo PDF]. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El-Humus-de-Lombriz.pdf>

García (2022). *Evaluación de Tres Enraizadores Comerciales en la Primera Etapa de Crecimiento Vegetativo de la Planta de Frambuesa* [Archivo PDF] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán Avenida Tecnológico #100, Ciudad Guzmán, Mpio. de Zapotlán el Grande, Jalisco, México. C. P. 49100 Tel: 3411590126 <https://www.redalyc.org/journal/944/94472192004/94472192004.pdf>

Gómez (2023). Enraízante: ¿Qué es y Cómo Funciona? ¿Cuáles Comprar?

<https://www.sembrar100.com/enraizante/>

Huerta (2017) *Crecimiento, nutrición y desarrollo. TCAE – Técnicos En Cuidados Auxiliares De Enfermería*. <https://revistamedica.com/crecimiento-nutricion-desarrollo/>

HEROGRA (2020). *La importancia del buen enraizamiento* <https://herograespeciales.com/la-importancia-del-buen-enraizamiento>

KHANH (2023) *Los beneficios de la fibra de coco en la jardinería: cosas que necesitas saber*. <https://cococoirglobal.com/es/los-beneficios-de-la-fibra-de-coco-en-jardineria/>

Marnetti (2012). *Implementación de la producción de lombricultura* [Archivo PDF]. Universidad Nacional del Cuyo UNCUIYO Mendoza, Argentina. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitaes/5236/marnettiproseso-productivo-de-abonos-organicos-lombricultura.pdf

Marcaa (2024). *Qué es la arena* [Archivo PDF]. https://www.academia.edu/32757580/Qu%C3%A9_es_la_arena

Morales (2013). *Respuesta de dos fitohormonas en tres topos de sustrato para el enraizamiento de esquejes de café robusta (Coffea canephora) en el cantón lago agrío* Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo UTE Sucumbíos – Ecuador Archivo [PDF]. [6397_1.pdf](#)

Morocho (2015). *Propagación vegetativa de café robusta (Coffea canephora) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (AIB) y ácido Naftalenacético (ANA) en diferentes concentraciones en ventana* universidad técnica estatal de Quevedo -Ecuador Archivo [PDF]. [Quevedo.pdf](#)

Matamoros (2020). *Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini estaquillas de híbridos F₁ de café (Coffea arábica)* Revista De Ciencias Ambientales. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia, Heredia, Costa Rica Archivo [PDF]. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962020000100058

Nehuen (2023). *Sombra - Qué es, definición, en psicología y en el arte.* <https://definicion.de/sombra/>

Ortega (2022) *Arenas* [Archivo PDF]. <https://www.academia.edu/23112357/Arenas>

Plan de manejo de plagas y enfermedades en viveros de café [Archivo PDF] Maximizando oportunidades en café y Cacao en las Américas (MOCCA) <https://mocca.org/wp-content/uploads/2021/08/plan-manejo-de-plagas.pdf>

Pérez (2021). *Definición de crecimiento* <https://definicion.de/crecimiento/>

Pastor (2015). *Utilización de sustratos en viveros* [Archivo PDF]. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>

Ponce (2024). *Comparación de métodos asexuales en propagación de híbridos de café arábigo (Coffea arábica L.) por esquejes, injertos y acodos* Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (Colombia). Archivo [PDF]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2374/1/TIC_A61D.pdf

Ramírez (2003). *Uso de bioestimuladores en la reproducción de guayaba (Psidium guajava L.) mediante el enraizamiento de esquejes*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba Archivo [PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221010.pdf>

Real Academia Española. (2024). *Definición de estacas*. En *Diccionario de la lengua española* (23.8). Recuperado en noviembre del 2024, de <https://dle.rae.es/estaca#Gj4Jhxq>

Real Academia Española. (2024). *Definición de brújula*. En *Diccionario de la lengua española* (23.8). Recuperado en noviembre del 2024, de <https://dle.rae.es/br%C3%BAjula?m=form2>

Real Academia Española. (2024). *Definición de cinta métrica*. En *Diccionario de la lengua española* (23.8). Recuperado en noviembre del 2024, de <https://dle.rae.es/cinta?m=form2#0vO5YGf>

Silvicultura (2016). *Caracteres culturales de las especies forestales* [Archivo PDF]. <https://selvicultura.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/11/tema-1-caracteres-culturales.pdf>

Samarnat (2011). *Suelos* [Archivo PDF]. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Semarnat https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.p

Silva (2021). *Evaluación de la eficiencia de tres enraizantes naturales para propagación de mango (Mangifera indica) por esquejes*. El Tambo, provincia de Santa Elena Ecuador, Archivo [PDF] UPSE_TIA_2021_0046.pdf

Soledad (2020). *Evaluación de las características físicas del biocarbón obtenido por el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de la UCAB* [Archivo PDF]. <file:///C:/Users/mauri/Downloads/ArtculodeBiocarbnTekhne232.pdf>

Sosa (2019). *Efecto del ácido indolbutírico (AIB), pyraclostrobin (f-500) y un inoculante biológico sobre el enraizamiento y crecimiento inicial de estaquillas de tres híbridos fl de café (Coffea arabica)* Universidad de Costa Rica. Campus Universitario Rodrigo Facio. Ciudad de la

Investigación Finca 2, San José, San José, Costa Rica Archivo [PDF].
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242019000200177

UNLP (2020). *El suelo: un universo invisible* [Archivo PDF]. Universidad Nacional De La Plata, Argentina
<https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/98/27598/3f23fc987dbbda82587753c9796000a.pdf>

Vences (2016). Propagación por estacas o esquejes [Archivo PDF] Universidad Autónoma del Estado de México UAEM facultad de ciencias agrícolas.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64555/secme-12254.pdf?sequence=1>

Villon (2021). *Evaluación de dosis de aloe vera como enraizante natural en esquejes de café robusta (Coffea canephora) en el Centro de apoyo Manglaralto, Santa Elena Ecuador*, Archivo [PDF] [UPSE_TIA_2021_0098.pdf](#)

5.4. Anexos

Anexo 1. Tabla de recopilación de datos.

“Sustrato”					
No	Porcentaje de enraizamiento	Longitud de raíces	Numero de raíces	Numero de yemas brotadas	Numero de callos
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					