

**Evaluación del desarrollo morfológico de plántulas de Café Castillo® Zona Sur fertilizadas
con Microorganismos de Montaña en el Municipio de La Plata Huila.**

Aida Zulieth Lizcano Rojas

Directora: Diana Cristina Medina Valencia

Esp. Biotecnología Agraria

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente CEAD

Programa de Agronomía

La Plata, Huila 2024

Nota de aceptación

Nombre director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

La Plata, Huila, mayo de 2024

Resumen

La producción de plántulas de café es crucial para garantizar la calidad y productividad de las plantas adultas. Existen diversas alternativas para el manejo agronómico de los almácigos, desde métodos orgánicos hasta químicos. Investigaciones han demostrado que los microorganismos de montaña pueden actuar como biofertilizantes, incrementando el valor nutricional, la supervivencia y reduciendo enfermedades en los cultivos. Esta investigación evaluó variables de desarrollo morfológico, como altura de la planta, largo de la hoja, crecimiento de la raíz y materia seca, en plántulas de café Castillo® fertilizadas con Microorganismos de Montaña. Los microorganismos fueron capturados en un bosque virgen y en un sistema de café adulto con fertilización orgánica y bajo uso de agroquímicos.

Para capturar los microorganismos, se utilizó arroz cocido sin sal en vasos plásticos cubiertos con tela de algodón y enterrados en diferentes ecosistemas, cubiertos con hojarasca. Después de 15 días, se recogieron las trampas y se activaron con melaza y agua, dejándolas unos días tapadas antes de aplicarlas a las plántulas de café. Se establecieron dos parcelas divididas en bloques completos al azar, con tres bloques y tres tratamientos en cada parcela. Las parcelas principales se determinaron por la frecuencia de aplicación (una vez por semana y una cada dos semanas).

Las variables de desarrollo morfológico se midieron a partir de los 70 días de establecimiento de las plántulas y se analizaron con el software SAS (Statistical Analysis System). Los resultados indicaron que la frecuencia de aplicación afecta las variables de desarrollo morfológico, mostrando mayores registros en las plántulas tratadas semanalmente con microorganismos de montaña. Aunque el análisis de varianza no mostró diferencias

significativas entre tratamientos, las plántulas tratadas con microorganismos de montaña del sistema bosque presentaron mayor crecimiento de raíz en promedio.

Palabras clave: Plántulas; Almácigos; Café Castillo®; Microorganismos de montaña; variable; Biofertilización; Fisiológico.

Abstract

The production of coffee seedlings is crucial to guarantee the quality and productivity of adult plants. There are various alternatives for the agronomic management of seedbeds, from organic to chemical methods. Research has shown that mountain microorganisms can act as biofertilizers, increasing nutritional value, survival and reducing diseases in crops. This research evaluated morphological development variables, such as plant height, leaf length, root growth and dry matter, in Castillo® coffee seedlings fertilized with Mountain Microorganisms. The microorganisms were captured in a virgin forest and in an adult coffee system with organic fertilization and low use of agrochemicals.

To capture the microorganisms, cooked rice without salt was used in plastic cups covered with cotton cloth and buried in different ecosystems, covered with leaf litter. After 15 days, the traps were collected and activated with molasses and water, leaving them covered for a few days before applying them to the coffee seedlings. Two plots divided into complete random blocks were established, with three blocks and three treatments in each plot. The main plots were determined by the frequency of application (once a week and once every two weeks). The morphological development variables were measured after 70 days of seedling establishment and were analyzed with the SAS (Statistical Analysis System) software. The results indicated that the frequency of application affects the morphological development variables, showing higher records in seedlings treated weekly with mountain microorganisms. Although the analysis of variance did not show significant differences between treatments, seedlings treated with mountain microorganisms from the forest system presented greater root growth on average

Keywords: Seedlings; Seedbed; Caffe Castillo®; Mountain Microorganisms; Variable; Biofertilization; Physiological

Tabla de Contenido

	Pág.
Planteamiento del Problema.....	11
Introducción.....	12
Justificación.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	16
Marco Referencial.....	17
Estado del arte.....	17
Marco Teórico.....	20
Marco Conceptual.....	26
Morfología de la planta del cafeto.....	24
La Raíz.	24
El Tallo.	24
Las Hojas.	25
Microorganismos de montaña.....	25
Microorganismos eficientes.....	25
Almácigos de café.....	26
Morfología Vegetal.....	27
Metodología.....	29
Localización.....	29
Materiales y métodos.....	31

Captura de microorganismos.....	31
Identificación de microorganismos.....	32
Activación de microorganismos.....	32
Almácigos de café Variedad Castilla.....	33
Aplicación de Tratamientos.....	34
Medición de Variables.....	35
Tipo de Investigación.....	35
Hipótesis.....	36
Resultados y discusión.....	37
Altura de la plántula.....	37
Longitud Foliar.....	40
Longitud de raíz (cm)	44
Materia Seca (%).....	48
Análisis de Varianza (ANOVA)	53
Método de Tukey.....	55
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	59
Referencias Bibliográficas.....	60
Apendices.....	64

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición de los tratamientos</i>	34
Tabla 2. <i>Frecuencia de Aplicación de los tratamientos</i>	34
Tabla 3. <i>Medición de Altura la Planta (cm)</i>	37
Tabla 4. <i>Promedios estadísticos de Altura la Planta (cm)</i>	38
Tabla 5. <i>Medición de Longitud Foliar (cm)</i>	40
Tabla 6. <i>Promedios estadísticos de Longitud Foliar (cm)</i>	42
Tabla 7. <i>Medición de Longitud de Raíz (cm)</i>	45
Tabla 8. <i>Promedios estadísticos de Longitud de raíz.</i>	46
Tabla 9. <i>Medición de Materias Seca (%)</i>	49
Tabla 10. <i>Promedios estadísticos de Materia Seca</i>	50
Tabla 11. <i>Promedios de crecimiento de raíces</i>	53
Tabla 12. <i>ANOVA (Medición raíces)</i>	54
Tabla 13. <i>Resultados de Análisis de comparaciones de Tukey</i>	55

Lista de Figura

	Pág.
Figura 1. <i>Localización del proyecto</i>	30
Figura 2. <i>Disposición en campo del diseño experimental.</i>	36
Figura 3. <i>Gráfica de Altura de Plata</i>	39
Figura 4. <i>Gráfica Línea de Crecimiento de La Planta</i>	40
Figura 5. <i>Gráfica de Longitud foliar</i>	43
Figura 6. <i>Gráfica Línea de Crecimiento Foliar</i>	44
Figura 7. <i>Gráfica de Longitud de Raíz</i>	47
Figura 8. <i>Gráfica Línea de Crecimiento de Raíz</i>	48
Figura 9. <i>Gráfica de Materia Seca en diferentes momentos</i>	51
Figura 10. <i>Gráfica de Tendencia de la materia seca foliar</i>	52
Figura 11. <i>Gráfica de Materia seca foliar en diferentes tratamientos</i>	52

Lista de Apéndice

	Pág.
Apéndice A. <i>Captura de microorganismos</i>	64
Apéndice B. <i>Activación de microorganismos</i>	65
Apéndice C. <i>Instalación de Almacigo</i>	66
Apéndice D. <i>Aplicación de los tratamientos</i>	67
Apéndice E. <i>Distribución de parcelas, bloques y tratamientos</i>	68
Apéndice F. <i>Daño por Hongo Antracnosis</i>	69
Apéndice G. <i>Medición de Variables</i>	70

Planteamiento del Problema

Según datos de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC, 2023), en los últimos cinco años se ha registrado una disminución del 20% en el rendimiento promedio por hectárea del cultivo de café en Colombia, mientras que los costos de producción han aumentado en un 15%. Esta situación se ve agravada por la degradación de los suelos y la falta de prácticas agrícolas sostenibles, lo que ha llevado a una disminución en la calidad y desarrollo morfológico de las plántulas de café. A esto se suman factores como el aumento del costo de los insumos, la falta de mano de obra y las afectaciones por el cambio climático.

Los microorganismos de montaña (MM) han surgido como una alternativa prometedora para mejorar la salud del suelo y aumentar la productividad de los cultivos. Estudios preliminares sugieren que la aplicación de MM puede aumentar el rendimiento de los cultivos hasta en un 30% y reducir los costos de producción en un 10% debido a la disminución en el uso de fertilizantes químicos y pesticidas. Sin embargo, a pesar del potencial de los MM para mejorar el desarrollo morfológico de las plántulas de Café Castillo®, su aplicación y efectividad no han sido suficientemente investigadas ni documentadas.

Pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos de montaña en el desarrollo morfológico de las plántulas de café Castillo® en la Vereda el Retiro del Municipio de La Plata, Huila?

Introducción

Las demandas cada vez más pronunciadas de los mercados globales por productos sostenibles, que abarcan no solo aspectos ambientales, sino también sociales y económicos, han situado al café de Colombia en una posición privilegiada. La calidad ya reconocida del café colombiano se ve ahora potenciada por un valor agregado derivado de su producción orgánica, lo que le confiere una ventaja competitiva significativa. Los consumidores están dispuestos a pagar primas adicionales por productos agrícolas que reflejen un compromiso con la sostenibilidad en todas sus dimensiones, lo que se traduce en beneficios directos para los productores cafeteros (*Duran, 2020, p. 49*).

El éxito en la producción de café comienza desde el mismo momento en que se siembran las semillas en el germinador y almácigo. Es crucial aplicar las mejores prácticas agrícolas y tecnologías desde esta etapa inicial para garantizar la calidad y trazabilidad del producto final. En este sentido, la producción de plántulas de café de alta calidad, certificadas para sistemas de producción orgánica, se ha vuelto esencial para asegurar una alta productividad en los cultivos. La producción de chapolas en las fincas emerge como una práctica especialmente beneficiosa, contribuyendo tanto a la sostenibilidad económica como productiva de los caficultores (*Duran, et al., 2020, p. 58*).

Los Microorganismos de Montaña (MM), presentes de forma natural en diversos ecosistemas, han sido identificados como elementos clave en la promoción de la salud del suelo y el crecimiento de los cultivos. Investigaciones científicas han demostrado los efectos beneficiosos de los MM en procesos como la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de nutrientes y la protección de las plantas contra enfermedades, convirtiéndolos

en herramientas indispensables para la agricultura sostenible (*Garrido y Charlot et al., 2023, p. 38*).

En este contexto, el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) ha desarrollado diversas alternativas para el manejo orgánico en la producción de chapolas de café, ofreciendo a las caficultoras opciones que se adapten a sus condiciones ambientales y económicas, y promoviendo así la sostenibilidad económica y ambiental de la producción de café (*Garrido y Charlot, et al., 2023, p. 57*). De modo que, esta investigación se centra en evaluar el desarrollo morfológico de las plántulas de café Castillo® zona Sur, las cuales han sido biofertilizadas con Microorganismos de Montaña, en la Vereda el Retiro del Municipio de La Plata, Huila. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan significativamente a mejorar las prácticas agrícolas en el cultivo del café, fomentando una mayor sostenibilidad ambiental y económica en la producción cafetera colombiana.

Justificación

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de medir las variables morfológicas de plántulas de Café Castillo® biofertilizadas con Microorganismos de Montaña, provenientes de sistemas agroecológicos de café y bosque natural. Se buscó evaluar la producción de chapolas de café como una alternativa viable para el manejo orgánico, utilizando recursos encontrados en los agroecosistemas de la región. La utilización de estos microorganismos de montaña no solo tiene el potencial de mejorar la calidad y el crecimiento de las plántulas, sino que también puede contribuir significativamente a la sostenibilidad económica de la producción cafetera al disminuir los costos de producción asociados con fertilizantes comerciales y químicos. De esta manera, la investigación apunta a promover prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, aprovechando los recursos locales y reduciendo la dependencia de insumos externos.

Además, se pretende generar ecosistemas de investigación, creación y transferencia de conocimiento, en el grupo de investigación INYUMACIZO y el semillero de investigación DERUSO, dinamizar la investigación desde el programa de Agronomía de la Escuela de Ciencias Agrícola, Pecuaria y de Medio Ambiente de la UNAD, UDR La Plata, proponiendo nuevas alternativas, en la perspectiva de redimensionar y romper esquemas tradicionales y tecnologías no apropiadas del sector agrícola y realizar aportes académicos importantes en el área de la biotecnología útiles para comprender el efecto de variables que determinan la dinámica microbiológica del suelo como estrategia de biofertilización de chapolas de café.

Este proyecto tiene como objetivo contribuir a la reactivación económica y social del país en el contexto de la pandemia y la postpandemia, alineándose con el Objetivo de Desarrollo del Milenio 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. A través de la gestión sostenible de los recursos naturales básicos y los ecosistemas, el proyecto busca satisfacer la demanda

alimentaria de la población y abordar otras necesidades ambientales, sociales y económicas. Al fomentar prácticas agrícolas sostenibles, se pretende no solo impulsar la economía local, sino también proteger y preservar el entorno natural, garantizando que estos recursos puedan seguir siendo utilizados por las generaciones futuras. La integración de estas prácticas sostenibles tiene el potencial de mejorar la resiliencia de las comunidades, promover el desarrollo sostenible y contribuir al bienestar general de la sociedad en un marco de recuperación y crecimiento inclusivo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el desarrollo morfológico en plántulas de café Castillo® zona Sur biofertilizadas con Microorganismos de Montaña en la Vereda el Retiro del Municipio de La Plata Huila.

Objetivos específicos

Analizar las variables de desarrollo morfológico (largo de hoja, altura de planta, longitud de raíz, materia seca) de las plántulas de café biofertilizadas con microorganismos de Montaña (MM).

Analizar el comportamiento de las variables de desarrollo morfológico de plántulas de café en función del tiempo, respecto a la frecuencia de aplicación.

Marco Referencial

Estado del arte

Para escoger esta investigación se hace un recorrido documental sobre otras investigaciones y estudios científicos realizadas en torno al uso de microorganismos de montaña para la biofertilización en la agricultura en el mundo y especialmente en Latinoamérica y Colombia, revisando bases de datos, bibliotecas virtuales, revistas científicas, repositorios de universidades, artículos, revistas, tesis de grados etc. Y a partir de allí se decidió evaluar los efectos de los microorganismos de montaña en la producción de chapolas de café en Colombia teniendo en cuenta que no se encontraron resultados sobre este tema.

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue iniciado en los años ochenta por el ingeniero agrícola japonés Dr. Teruo Higa. Tal tecnología fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y los microorganismos pasaron a ser conocidos mundialmente como microorganismos eficientes. Por otro lado, se desarrolló una tecnología casera fácil de implementar y de bajo costo para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en los bosques, que son llamados comúnmente microorganismos de montaña. Muchos de estos cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agroecosistemas, y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido mucha intervención humana (*Tencio, 2021, p. 57*).

Se han hecho estudios para evaluar el uso de microorganismos de montaña (MM) para el control biológico de la hernia de las crucíferas en el cultivo de mostaza china, donde se redujo la severidad y mostró potencial para disminuir la presencia de esporas en el suelo (*Castro et al., 2020, p. 36*).

La Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum* *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero, donde las variables biológicas y químicas fueron sensibles a los tratamientos, con valores significativamente más altos en presencia de MM (Castro, et al., 2015).

Según Umaña, S. et al (2017) en su artículo científico titulado “¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas” concluyen que los resultados que obtuvieron indicaron que un tiempo de retención en biorreactor cercano a dos semanas fue el que generó un biol con un impacto positivo significativo a nivel de actividad biológica, propiedades químicas del suelo y calidad de los cultivos. Estas diferencias significativas parecen estar relacionadas con una dinámica más activa del sistema edáfico.

En la investigación denominada: Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán., que se desarrolló con el objetivo de evaluar microorganismos de montaña (MM) provenientes de tres sistemas agroecológicos (café, potrero y un bosque natural) y microorganismos Eficientes comerciales, para la producción del cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), los microorganismos capturados o MM presentaron mayor efectividad en su desarrollo y rendimiento, y los análisis de suelos revelaron que la aplicación de microorganismos influyó en algunas propiedades, como incremento de la materia orgánica, el pH y el contenido de nitrógeno y potasio (Campo, et al., 2014, p. 74).

En la Estación Experimental de Café del municipio Amboim, provincia Cuanza Sul, Angola se condujo un experimento sobre la producción de posturas de café (*Coffea arábica L.*) usando el cultivar Catuaí rojo. El propósito fue evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base de microorganismos eficientes (ME) en el desarrollo de las posturas. Se

utilizó un diseño experimental de bloques totalmente aleatorizados, con cuatro repeticiones. Se incluyeron los tratamientos siguientes: control absoluto, aplicación de ME en dosis de 2, 4 y 6 ml m⁻² con frecuencia de una y dos veces quincenal, aplicadas en el agua de riego. Se evaluaron los parámetros de número de pares de hojas verdaderas y altura de las posturas a los 50, 75, 100 y 125 días de la germinación. Los mejores resultados en la producción de las posturas de café se obtuvieron a los 125 días con la aplicación quincenal de 2 ml m⁻² del biofertilizante a base de ME (Marqués, 2018, p. 25)

En los laboratorios de Química de la Universidad Santiago de Cali del Valle del Cauca, Colombia, se evaluó la influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café. Los microorganismos solubilizadores de fosfatos, se aislaron en estudios previos, de la rizosfera de plantas de café, variedad Caturra de cuatro meses de edad, sembradas en un suelo *Typic Melanudand* del Municipio de Cajibío. En esta investigación, se estudiaron los microorganismos *Kocuria sp.*, *B. subtilis*, *S. diversispora* y *P. ochrochloron* y el efecto que tienen sobre la disponibilidad de fósforo, en el desarrollo de plántulas de café, bajo condiciones de invernadero, con 23 tratamientos y 10 repeticiones, en diseño estadístico, completamente al azar. Se demostró una relación inversa entre el contenido de P en suelo y planta, y la concentración de polifenoles, siendo correlacionada con el desarrollo de las plántulas y los aislamientos microbianos solubilizadores de fosfatos se adaptaron a la rizosfera de plántulas de café e incrementaron la disponibilidad de fósforo en el suelo (Cisneros, et al., 2017, p. 86)

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada en el proyecto de grado: “Análisis de la información científica de Microorganismos eficientes de montaña para potenciar la Diversidad Biológica de los Suelos Agrícolas”, se concluye que los microorganismos eficientes actúan en beneficio de las plantas en la absorción de nutrientes, control de microorganismos patógenos,

solubilizando nutrientes para la nutrición vegetal, y sobre todo devolviendo la vida microbiológica del suelo (*León, 2020*). Sin embargo, no se encontraron resultados acerca del efecto de los microorganismos de montaña en la producción de chapolas de café en Colombia.

Marco Teórico

Los microorganismos son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas. En estos ecosistemas se genera una descomposición de materia orgánica, que se convierte en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora (por ejemplo, bosques mixtos y latifoliados, plantaciones de café, plantaciones de bambú, entre otros (*Masaquiza, 2023, p. 82*). De modo que, para reconocer los tipos de microorganismos sobre la hojarasca de montaña en descomposición, hay que guiarse por el color de las diferentes colonias de microorganismos (verdes, anaranjados, blancos, etc.). Los colores de las colonias de microorganismos se observan más claramente al iniciar o finalizar los períodos lluviosos (*Romero, Cardoza, Romero, Rodríguez y Gómez, 2020, p. 37*).

Algunos beneficios de los microorganismos se demuestran al incorporarlos como semilla de microorganismos benéficos para descomponer las materias secas y favorecer la fermentación en los abonos orgánicos tipo “bocashi”. Al igual que en los biofermentos o abonos foliares orgánicos (y en algunos extractos naturales), las funciones principales de los microorganismos son recuperar la vida y salud de los suelos; facilitar la disponibilidad de los nutrientes a las plantas; suprimir o controlar microorganismos que causan enfermedades en los cultivos, y realizar un control biológico de plagas (*Romero et al, p. 28*). Seguidamente, los microorganismos del suelo contribuyen al mantenimiento de la fertilidad química, física y biológica del suelo. Transforman nutrientes inorgánicos, que de otra forma no pueden ser absorbidos por la planta;

además favorecen la descomposición y mineralización de la materia orgánica (Álvarez y Prieto, 2023, p. 74).

Un cultivo perenne como el café exige las mejores prácticas y la aplicación de las más avanzadas tecnologías desde el inicio de su ciclo de vida, comenzando en el germinador y el almácigo. Es particularmente recomendable que estos procesos iniciales se realicen en la propia finca. Al llevar a cabo estas etapas en el mismo lugar donde se cultivará el café, se asegura un mayor control sobre las buenas prácticas agrícolas. Esto incluye un manejo adecuado del suelo, el riego, la protección contra plagas y enfermedades, y la selección de las semillas más vigorosas.

De manera que, la implementación de estas prácticas garantiza que las plantas se desarrollen de manera saludable y productiva, lo cual es crucial, ya que estas plantas representan el activo y el capital más importante del caficultor. A lo cual, los autores Álvarez y Prieto (2023) argumentan que, la inversión en plantas robustas y bien cuidadas se traduce en una producción estable y de alta calidad durante más de 20 años, proporcionando ingresos sostenibles y consistentes a largo plazo. Además, un enfoque meticuloso desde el inicio del cultivo permite al caficultor adaptarse mejor a las condiciones locales y responder eficientemente a los desafíos ambientales y del mercado, consolidando así la viabilidad económica y ecológica de la finca.

Las exigencias y tendencias de los mercados actuales muestran una creciente preferencia por productos sostenibles que aborden aspectos ambientales, sociales y económicos. Los consumidores están cada vez más dispuestos a asumir un mayor costo por productos agrícolas que demuestren un compromiso con estos valores sostenibles. Esta tendencia ofrece una ventaja competitiva significativa para el café de Colombia. Además de su ya reconocida calidad, el café colombiano puede incorporar un valor agregado mediante la producción orgánica. La producción

orgánica no solo implica el uso de métodos de cultivo que preservan y mejoran la salud del suelo, sino que también aboga por prácticas que respetan la biodiversidad y minimizan el uso de productos químicos sintéticos.

Es así que, este enfoque sostenible es altamente valorado por los consumidores conscientes que buscan reducir su huella ambiental y apoyar prácticas agrícolas justas y responsables. Asimismo, el cultivo orgánico del café promueve condiciones laborales justas y apoya a las comunidades rurales, lo cual es un factor clave en la dimensión social de la sostenibilidad. Al alinear su producción con estas tendencias del mercado, el café colombiano no solo responde a las demandas actuales de los consumidores, sino que también fortalece su posición en el mercado global, asegurando precios más altos y una reputación sólida y respetada en términos de sostenibilidad y responsabilidad social (*Ortiz, Rodriguez, Dueñas, Hernandez y Hernandez, 2021, p. 57*).

Las exportaciones de este tipo de café por los países miembros de la Organización Internacional del Café (ICO, por sus siglas en inglés) han mostrado un crecimiento significativo en los últimos años. Según los certificados de origen, estas exportaciones se incrementaron en un notable 128% desde el año 2005 hasta el año 2011. Durante este período, el volumen de exportaciones alcanzó los 824.650 sacos de 60 kg, reflejando una creciente demanda y reconocimiento en el mercado internacional por los cafés de alta calidad y con certificaciones de origen.

En este contexto, Colombia ha desempeñado un papel crucial. Del total de sacos exportados, Colombia contribuyó con el 9,5%, lo que equivale aproximadamente a 78.342 sacos. Esta participación significativa destaca la importancia del café colombiano en el mercado global, respaldado no solo por su calidad superior sino también por sus prácticas sostenibles y su

compromiso con la producción orgánica y certificada. Este crecimiento en las exportaciones también subraya la capacidad de los productores colombianos para adaptarse a las tendencias del mercado y satisfacer las exigencias de los consumidores internacionales que valoran la autenticidad y la sostenibilidad en sus productos. La participación de Colombia en este incremento de exportaciones no solo fortalece su posición en la industria cafetera mundial, sino que también impulsa el desarrollo económico y social en las regiones productoras del país, generando ingresos y mejorando la calidad de vida de las comunidades cafetaleras. (*Ortiz et al, 2021, p. 86*).

Para el país, estas cifras reflejan un crecimiento significativo en la producción y exportación de café orgánico, con un aumento del 46% durante el mismo período. Este incremento se traduce en un total de 12.398 hectáreas dedicadas al cultivo de café orgánico, distribuidas en 2.803 fincas que han obtenido la certificación orgánica. Esta expansión en la superficie cultivada y el número de fincas certificadas demuestra el compromiso de los caficultores colombianos con prácticas agrícolas sostenibles y ambientalmente responsables. De modo que, Uno de los componentes más importantes en la comercialización de este tipo de café es el sobreprecio que se reconoce al caficultor por su calidad y métodos de cultivo sostenibles. Este valor adicional es pagado por los clientes que están dispuestos a invertir más en productos que aseguran estándares elevados de sostenibilidad ambiental. Este sobreprecio no solo recompensa la calidad del café, sino también las prácticas agrícolas que protegen el medio ambiente, mejoran la biodiversidad y promueven el bienestar social de las comunidades productoras (*Ortiz et al, 2021, p. 86*).

Siendo así, lo más relevante es que este sobreprecio es trasladado directamente al productor, lo que significa que los caficultores reciben una compensación justa por sus esfuerzos

y dedicación. Este ingreso adicional no solo mejora la rentabilidad de las fincas, sino que también incentiva la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, contribuyendo al desarrollo económico local y a la conservación del medio ambiente. En resumen, el aumento en la producción y certificación de café orgánico en Colombia, junto con el reconocimiento económico de su calidad y sostenibilidad, fortalece la posición del país en el mercado global del café y mejora la calidad de vida de los caficultores y sus comunidades.

Marco Conceptual

Morfología de la planta del cafeto

La Raíz. La planta de cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidad de 50 cm. De esta raíz salen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a las raíces delgadas o absorbentes, llamadas también raicillas. Las raíces absorbentes son bastante superficiales y se encargan de tomar el agua y los nutrientes minerales. En los primeros días centímetros de profundidad del suelo se encuentran un poco más de la mitad de estas raicillas y el 86% en los primeros 30 cm. Es así que, a través de ella la planta toma el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción; en ella se acumulan sustancias que más tarde alimentarían las hojas y los frutos, y permiten que el árbol permanezca anclado en su sitio. (Carvajal, 2018, p. 36).

El Tallo. El tronco y las ramas primarias forman el esqueleto del cafeto. La parte inferior del tallo de una planta adulta es cilíndrica, mientras que la parte superior es cuadrangular y verde con las esquinas redondeadas y salientes (Zamora, 2020, p. 76). El cafeto es una planta unicaule en ciertas condiciones presentan tallos múltiples. En un cafeto adulto, la parte inferior del tronco es de forma cilíndrica y la superior o ápice tiende a ser cuadrangular con las esquinas redondeadas y salientes (Zamora et al, 2020, p. 76). Las hojas se hallan implantadas en

abultamiento del tallo envueltos en dos láminas apuntadas; tales abultamientos se denominan nudos; las láminas dichas son estipuladas, y el espacio entre dos nudos se llama entrenudo. De los nudos del tallo principal, dentro de la axila de cada hoja nacen ramas oblicuas que se llaman primarias.

Las Hojas. En las ramas un par de hojas aparece cada 15 o 20 días aproximadamente. La lámina de hoja por lo general mide de 20 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma elíptica a lanceolada. En la parte inferior de las hojas, en el ángulo que forman el nervio central y los laterales, existen unos agujeros llamados “domacios”. El tamaño de la hoja varía no solo entre especies y variedades, sino que también presenta diferencias bajo condiciones de sombra regulada, y expuesta plenamente al sol. La duración de las hojas en un cafetal es de alrededor de un año, la reducción de estas se debe a sequías, con altas temperaturas y una mala nutrición (Zamora, 2020, p. 71).

Microorganismos de montaña

Los microorganismos de montaña son aquellos hongos y bacterias que habitan en el manto del bosque o la montaña. Lugares húmedos y sombríos donde conviven con árboles y plantas aportando grandes beneficios ecológicos. Extraen nutrientes de capas profundas del suelo y subsuelo poniéndolos a disposición de plantas y árboles. A su vez las plantas ceden carbohidratos a microorganismos, en una simbiosis mágica y constante que se retroalimenta de forma eterna con el único estímulo de la energía solar. Siendo importante, el capturar y reproducir estos microorganismos, ofrece al agricultor un gran beneficio pues aporta en sus suelos de cultivo una biodiversidad de microorganismos muy superior, que alimenta a los cultivos y, sobre todo, fertiliza el suelo (Laruta, 2021, p. 49).

Microorganismos eficientes

El concepto de Microorganismos Eficientes o Eficaces (EM) fue desarrollado por el Profesor Terua Higa de la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón en 1991. Consisten en un cultivo mixto de microorganismos benéficos, de origen natural, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de los suelos y las plantas. Se han realizado estudios donde se observa que los EM mejoran la calidad y salud de los suelos, y el crecimiento, producción y calidad de los cultivos. Además, pueden optimizar otras prácticas del manejo del suelo y los cultivos, como la rotación de cultivos, labranza de conservación, reciclaje de residuos de cosechas, control ecológico de plagas, incrementando los beneficios de esas prácticas (<https://granjaecologicaenlinea.com.co/>).

Almácigos de café

Lugar en donde se siembran las chapolas provenientes del germinador, en bolsas, agrupadas en eras y expuestas parcialmente al sol, hasta cuando adquieren el desarrollo suficiente para su trasplante definitivo al campo. El almácigo permite atender las plantas en su etapa más delicada y hacer una buena selección del colino que se va a llevar al campo. El almácigo de café es la etapa de la planta que ha tenido un desarrollo y cuidado de cuatro a seis meses dependiendo la variedad. Allí ha sido llevada la chapola a una bolsa que ha sido llenada con tierra y abono orgánico suficiente para su crecimiento hasta la etapa de trasplante definitivo (*Talía, 2021, p. 74*).

El primer control de calidad debe realizarse en los germinadores, asegurándose de llevar solamente material sano al campo. Una vez las chapolas han alcanzado el estado de trasplante, es decir, que sus dos hojas cotiledóneas están completamente extendidas, es el momento de iniciar la fase de almácigo. De modo que, las chapolas del germinador deben trasplantarse por manojos para evitar la desecación. Si se requiere mover un alto número de chapolas es recomendable

mantenerlas en condiciones húmedas, ya sea sumergiéndolas en un balde con agua o envolviéndolas en papel humedecido, hasta el momento de la siembra. Las chapolas deben quedar bien apretadas dentro de la bolsa, de manera que las raíces hagan buen contacto con el suelo; esto se logra introduciendo lateralmente un palo ahoyador luego de colocar la raíz, y presionando hacia el centro (*Campozano, 2020, p. 46*).

Morfología Vegetal

La morfología vegetal es una disciplina de la botánica que se dedica al estudio detallado de la forma y la estructura externa de las plantas. Este campo abarca la disposición y características de los órganos principales de las plantas, incluyendo raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Cada uno de estos órganos tiene una estructura única que no solo define la apariencia de la planta, sino que también desempeña funciones específicas esenciales para su crecimiento, reproducción y supervivencia. El estudio de la morfología vegetal permite a los científicos entender la vasta diversidad de formas que presentan las plantas y cómo estas formas están estrechamente relacionadas con sus funciones biológicas y su adaptación a diferentes ambientes. Por ejemplo, las raíces pueden variar significativamente en forma y tamaño, adaptándose a suelos de distintas composiciones y profundidades para optimizar la absorción de agua y nutrientes. Los tallos, por su parte, pueden ser leñosos o herbáceos, erguidos o trepadores, dependiendo de las necesidades estructurales y de transporte de nutrientes de la planta.

Además, la morfología vegetal no solo proporciona información sobre cómo las plantas han evolucionado para sobrevivir y prosperar en distintos entornos, sino que también tiene aplicaciones prácticas en la agricultura, la horticultura y la conservación. Al entender cómo las plantas estructuran sus órganos y cómo estas estructuras se relacionan con el ambiente, los científicos y agricultores pueden desarrollar mejores técnicas de cultivo, mejorar la resistencia de

las plantas a condiciones adversas y contribuir a la preservación de especies vegetales. En resumen, la morfología vegetal es fundamental para comprender la diversidad, adaptación y funcionalidad de las plantas en el mundo natural, lo que tiene un impacto directo en la ciencia, la agricultura y la conservación del medio ambiente (*Medina, 2019, p. 37*).

Metodología

Localización

El establecimiento del vivero se lleva a cabo en la Finca Buenos Aires, ubicada en la vereda El Retiro, a tan solo 15 minutos del Municipio de La Plata, Huila. Esta región es conocida por ser una zona cafetera prominente, con condiciones ambientales favorables para el cultivo de café. La finca se encuentra a una altitud de 1460 metros sobre el nivel del mar, lo cual es ideal para el crecimiento del café, ya que esta altitud contribuye a la calidad y sabor distintivos del grano. La temperatura en esta área varía entre 22 °C y 25 °C, proporcionando un ambiente cálido, pero no extremo, lo que es beneficioso para el desarrollo de las plantas de café.

El clima en la región es muy variado, lo que implica fluctuaciones en las condiciones atmosféricas que pueden influir en el cultivo, pero también ofrece un entorno dinámico para el crecimiento de plantas robustas. Así mismo, la precipitación es un factor crucial para el cultivo en la Finca Buenos Aires. Durante el día, la precipitación promedio es de 3.5 mm, mientras que en la noche es de 1.8 mm. Esta distribución de la lluvia asegura que las plantas reciban suficiente agua a lo largo del día, contribuyendo a un crecimiento saludable sin causar problemas de exceso de humedad que podrían llevar a enfermedades fúngicas, seguidamente, la humedad relativa en esta zona es extremadamente alta, fluctuando entre el 97% y el 99%. Esta alta humedad es favorable para el desarrollo de las plantas de café, ya que ayuda a mantener el follaje y los suelos adecuadamente hidratados.

Sin embargo, también requiere un manejo cuidadoso para evitar problemas como la proliferación de hongos y otras enfermedades que prosperan en condiciones húmedas.

Finalmente, el vivero en la Finca Buenos Aires está estratégicamente ubicado en una zona con altitud, temperatura, precipitación y humedad ideales para el cultivo del café. Estas condiciones

Materiales y métodos

Captura de microorganismos

1 kg de arroz

20 vasos desechables

Nylon

Bandas plásticas

La captura de microorganismos se realizó en la finca Sinaí de la Vereda Betania del municipio de La Argentina Huila en dos sistemas agroecológicos de la región: Un bosque que está constituido por una vegetación de tipo arbusto y árboles los cuales son conocidos como Cope (*Ficus pallida*), Lurel (*Laurus nobilis*), Caspe o caspi (*Toxicodendron striatum*), Lacre (*Vismia macrophylla*) y guamos (*Inga sp.*) y un cultivo de café orgánico con Variedad Colombia y Variedad Caturra en asocio con guamos (*Inga sp.*) y cítricos (*Citrus sp.*), con un promedio de 18 años de establecido, que presenta un 80 % en fertilización orgánica y baja utilización de agroquímicos.

Se utilizó un sustrato de arroz para facilitar la colonización de microorganismos en distintos agroecosistemas. Este sustrato se preparó mediante la cocción de 1 kg de arroz sin sal durante 15 minutos, hasta alcanzar una consistencia semiblanda. Una vez listo, el arroz se repartió en vasos desechables, los cuales se cubrieron cuidadosamente con tela de nylon para permitir la aireación necesaria y al mismo tiempo proteger el contenido de contaminantes externos. La tela de nylon se aseguró con cauchos de goma, garantizando que se mantuviera en su lugar. Los vasos preparados se llevaron a diversos agroecosistemas, donde fueron expuestos al ambiente local. Esta exposición permitió que los organismos presentes en cada entorno colonizaran el sustrato, ofreciendo una forma práctica y controlada de estudiar la biodiversidad

microbiana en diferentes condiciones. Esta metodología no solo es económica y fácil de replicar, sino que también proporciona datos valiosos sobre cómo los microorganismos interactúan con su entorno y se adaptan a distintas condiciones ambientales, lo que es fundamental para entender mejor la ecología microbiana y su papel en los sistemas agrícolas.

Identificación de microorganismos

La identificación de los microorganismos capturados en los dos sistemas agroecológicos se realizó de forma visual de acuerdo con los colores encontrados en el sustrato de arroz. Por ende, en el sistema bosque se capturaron microorganismos de color blanco (*Bacillus*), verde (*Trichodermas*) y amarillo (*Bauveria Bassiana*), mientras que en el sistema de café se encontró microorganismos de color amarillo y blanco. De esta manera se determinó que los microorganismos encontrados son benéficos y que se pueden utilizar para preparar los tratamientos, que se requieren para esta investigación.

Activación de microorganismos

1 kg de melaza

2 canecas plásticas

Agua

Pasados 20 días se realizó la recolección de las trampas ya antes dejadas en los dos tipos de ecosistemas, se pasó a licuar las mezclas por separado de cada ecosistema adicionando un kg de melaza y 6 litros de agua hervida por cada tratamiento y se dejó fermentar durante 15 días, cuidando de sacar el gas excesivo. Cuando se evidencio la aparición de pequeños copos de levadura blancos en la superficie del líquido y el olor agridulce característico de la mezcla, se consideró el momento de su aplicación al cultivo, para lo cual se usó una fumigadora de espalda,

distribuyendo la mezcla sobre las hojas del cultivo y en el sustrato del suelo. (Laruta, et al., 2021, p. 85).

Almácigos de café Variedad Castilla

6 m³ Sustrato

1 millar Bolsas plásticas

8 metros de polisombra 65% (4X8)

3 guaduas de 3 metros.

1 lb Safer Soil (microorganismos comerciales)

1 kg de Rebrote

1 kg Dithane

250 c.c. de Lorsban

1 kg de Master 13-40-13

30 kg melaza

Para la instalación del ensayo, se utilizaron 2 viveros de producción de chapolas de café variedad Castilla, denominados para esta investigación parcelas que estuvieron determinadas por el factor aplicación (1 aplicación semanal y cada 2 semanas), y en cada parcela 3 bloques con 3 tratamientos. Es así que, se comenzó por ubicar el sitio para establecer el vivero, un lugar totalmente plano y lejos de cafetales para evitar contagio por alguna enfermedad, se utilizaron 2 guaduas de 4 metros para realizar un techo y colocarle polisombra del 50% al 75% para proteger las chapolas de exceso de sol.

El sustrato que utilizó salió de la misma finca: se utilizó la capa superficial del suelo 20 cm de profundidad, seguidamente se pasó por una malla (zaranda) para cernirla y separar solo la tierra y luego se mezcló con arena de quebrada debidamente cernida, 90% tierra 10% arena. Del

mismo modo, para el vivero se utilizó 600 bolsas llenas con el sustrato fértil ya antes mencionado, seguidamente se ubicaron las bolsas en bloques de 100 bolsas para un total de 6 bloques, cada bloque tiene una separación de 25 bolsas para diferenciar las aplicaciones de los tratamientos. Finalmente, se obtuvo 700 chapolas variedad Castilla® Zona Sur certificadas por el Comité de Cafeteros de un vivero establecido en la misma zona, posteriormente se trasladaron las chapolas al vivero escogiendo las plántulas con sus hojitas en forma de mariposa bien formadas y con su raíz bien desarrollada.

Aplicación de Tratamientos

Fumigadora Royal Condor

En la tabla 1 se muestra la composición de los tratamientos. La dilución utilizada para microorganismos comerciales y capturados fue de 9:1 (90% agua, 10% de la mezcla con microorganismos)

Tabla 1.

Composición de los tratamientos

Tratamiento	Composición
T1	50 ml de MM de bosque + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T2	50 ml de MM de Sistema de Café + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T3	20 gr de Safer Soil + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T4	Testigo (20gr Rebrote/Master+ 1 lt de agua)

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2.

Frecuencia de Aplicación de los tratamientos

Parcelas	Bloques	Descripción de tratamientos	Numero Aplicaciones
	Bloque 1	Aplicación de microorganismos capturados en un sistema de bosque.	1 vez por semana

Vivero A	Bloque 2	Aplicación de microorganismos capturados en un sistema de café.	1 vez por semana
	Bloque 3	Aplicación de microorganismos Eficientes Comerciales.	1 vez por semana
Vivero B	Bloque 1	Aplicación de microorganismos capturados en un sistema de bosque.	2 veces por semana
	Bloque 2	Aplicación de microorganismos capturados en un sistema de café.	2 veces por semana
	Bloque 3	Aplicación de microorganismos Eficientes Comerciales.	2 veces por semana

Nota: Elaboración propia.

Medición de Variables

Se realizaron 3 mediciones de las variables de desarrollo morfológico; a partir de los 70 días de establecimiento de las plántulas, cada 15 días; las observaciones fueron sobre:

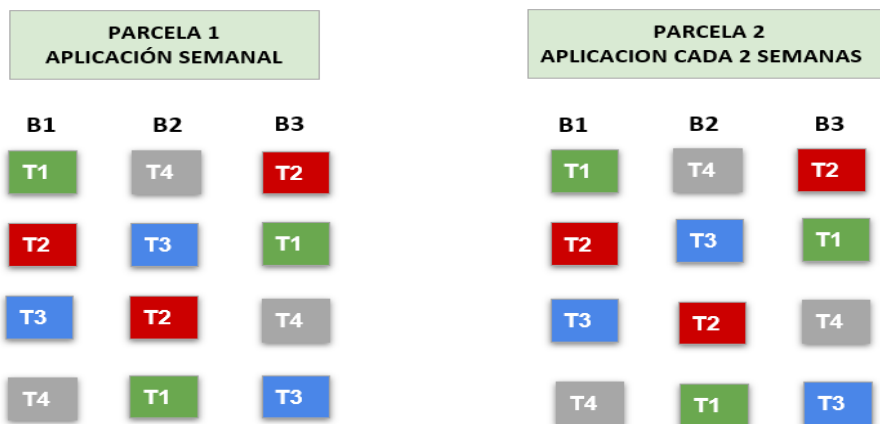
- ✓ **Altura de la plántula:** Medida en centímetros (cm), se tomó como la distancia desde el piso hasta la parte más alta de cada planta en estado natural (última hoja formada)
- ✓ **Largo de hoja:** Se tomó la máxima extensión de un lado a la máxima extensión del lado opuesto de la hoja.
- ✓ **Longitud de Raíz:** se midió la longitud expresada en centímetros desde la base del tallo hasta el extremo más largo de la raíz pivotante.
- ✓ **Materia seca (hojas y raíces):** se determinó tomando tres plantas de cada tratamiento, pesándolas en una balanza analítica, después se llevó a un horno microonda a una temperatura de 80°C por 1 hora hasta que la muestras queden totalmente secas, se tomó el peso en seco y se logró establecer el porcentaje de materia seca con la siguiente fórmula: % Materia seca = $\frac{PSPf}{P} * 100$, donde PS: peso seco de la muestra y Pf: peso fresco de la muestra.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es cualitativa. En la figura 1 se muestra la disposición en campo del diseño experimental, establecido en parcelas divididas y bloques completos al azar, donde las parcelas principales están determinadas por el factor aplicación (1 aplicación semanal y cada 2 semanas), y en cada parcela 3 bloques con los 4 tratamientos. Así mismo, se utilizó como herramienta estadística el programa SAS (statistical analysis system) para determinar y comparar los promedios estadísticos de las diferentes variables evaluadas. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó para determinar el efecto de los cuatro métodos de aplicación microorganismos al suelo T1, T2, T3 y T4, sobre el crecimiento de raíces plantas y el Método de Tukey para determinar el mejor tratamiento.

Figura 2.

Disposición en campo del diseño experimental.



Nota: Elaboración propia

Hipótesis

- ✓ Hipótesis nula: No hay variación significativa entre tratamientos.
- ✓ Hipótesis alternativa: Existe variación significativa entre tratamientos.

Resultados y discusión

Altura de la plántula

En la tabla 3 se observan los resultados de la medición de la altura de las plántulas, que se realizó para cada tratamiento en las parcelas denominadas viveros. Inicialmente, se registró la altura de las plántulas en el momento del trasplante de las chapolas a las bolsas. Posteriormente, se llevaron a cabo tres mediciones adicionales a intervalos de 15 días, comenzando desde los 70 días de crecimiento y aplicación de los tratamientos. Estos datos permiten comparar el crecimiento de las plántulas bajo diferentes condiciones y tratamientos, proporcionando una visión detallada de su desarrollo a lo largo del tiempo. Las mediciones periódicas facilitan la evaluación del impacto de cada tratamiento en el crecimiento de las plántulas, permitiendo identificar cuáles son más efectivos en promover un crecimiento saludable y vigoroso. Esta información es crucial para optimizar las prácticas de cultivo y mejorar la eficiencia en la producción de plantas en los viveros.

Tabla 3.

Medición de Altura la Planta (cm)

		Altura inicial	Altura 1	Altura 2	Altura 3
	T1	8,00	10,00	11,50	12,00
	T2	8,00	10,00	11,50	14,00
	T3	8,00	9,50	11,00	14,00
	T4	8,00	9,00	11,50	13,00
Vivero A	T4	8,00	9,50	11,00	14,00
	T3	8,00	9,70	11,00	14,50
	T2	8,00	10,00	11,50	14,00
	T1	8,00	10,00	11,00	14,00
	T2	8,00	9,00	11,00	14,50

	T1	8,00	9,00	11,00	12,50
	T4	8,00	9,00	11,50	14,00
	T3	8,00	9,00	11,00	14,00
		Altura inicial	Altura 1	Altura 2	Altura 3
Vivero B	T1	7,50	8,50	10,00	11,00
	T2	7,50	8,50	11,00	12,00
	T3	7,50	8,70	11,00	12,00
	T4	8,00	8,50	11,00	12,00
	T4	8,00	10,00	11,00	12,00
	T3	8,00	9,00	11,00	12,00
	T2	8,00	9,00	11,00	11,50
	T1	8,00	8,50	10,00	12,00
	T2	7,50	8,70	9,00	12,00
	T1	7,50	8,50	10,50	11,00
	T4	7,50	9,50	11,00	11,00
	T3	7,50	9,00	10,50	12,00

Nota: Elaboración propia

Tabla 4.

Promedios estadísticos de Altura la Planta (cm)

Parámetro	Altura inicial	Altura 1	Altura 2	Altura 3
Media vivero A	8,00	9,48	11,21	13,71
Media vivero B	7,71	8,87	10,58	11,71
Mínimo Vivero A	8,000	9,000	11,000	12,000
Máximo Vivero A	8,000	10,000	11,500	14,500
Mínimo Vivero B	7,500	8,500	9,000	11,000
Máximo Vivero B	8,000	10,000	11,000	12,000

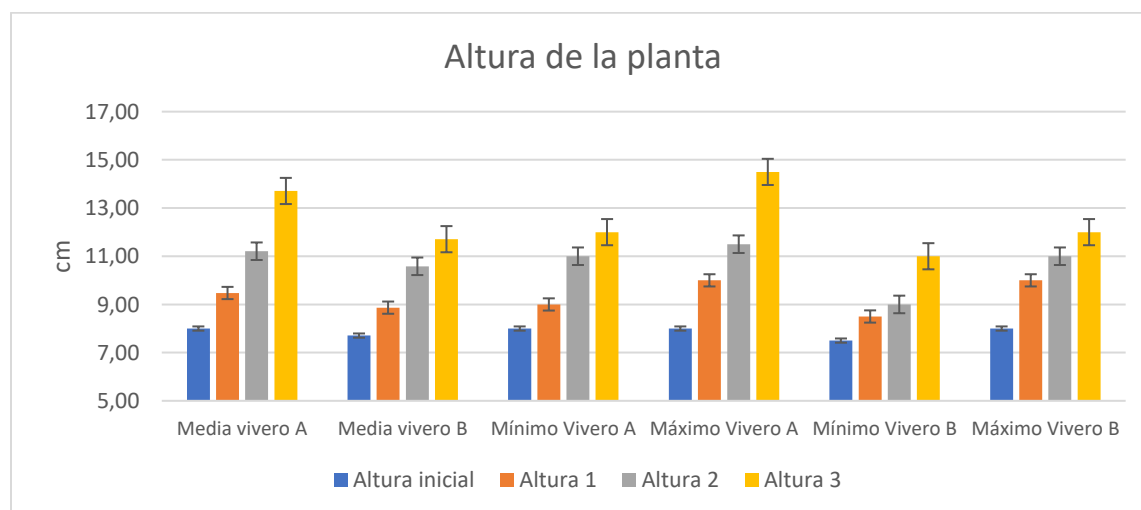
Nota: SAS (statistical analysis system).

En la tabla 4, se observan los promedios estadísticos: la media, los valores máximos y mínimos que se obtuvieron con el programa SAS (statistical analysis system) y que permite comparar los resultados de las mediciones de la altura de la Plata del Vivero A con el Vivero B,

así mismo, presenta una recopilación de los promedios estadísticos de la altura de las plántulas, incluyendo la media, los valores máximos y mínimos. Estos datos fueron generados mediante el uso del programa SAS (Statistical Analysis System), reconocido por su eficacia en el análisis de datos estadísticos. La inclusión de estos valores permite realizar una comparación detallada entre los resultados obtenidos en el Vivero A y el Vivero B, lo que arroja luz sobre cómo cada uno de estos ambientes afecta el crecimiento de las plántulas bajo diferentes condiciones y tratamientos.

Figura 3.

Gráfica de Altura de Plata



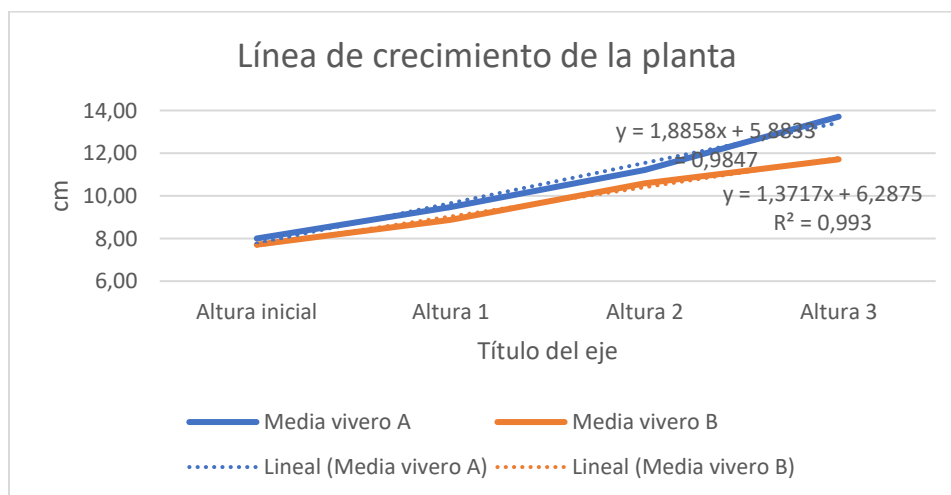
Nota: SAS (statistical analysis system).

En la figura 2, gráfica de altura de planta se observa la comparación de los promedios estadísticos de las mediciones de altura de planta del Vivero A con el Vivero B. Se evidencia que los promedios fueron más altos en el Vivero A con respecto al Vivero B, por lo tanto, se puede decir que hay una relación frente a la frecuencia de aplicación sobre la variable altura, mostrando mejores resultados en el Vivero A donde la aplicación de tratamientos se realizó una vez por semana. Además, se observa en la Figura 3, en la gráfica de Línea de Crecimiento de la Planta, un coeficiente de determinación R^2 por encima de 0.95, para los promedios de los dos

viveros acercándose a la línea recta, lo que garantiza que los datos experimentales fueron bien tomados para esa variable, en relación con la frecuencia de aplicación. En este caso se utilizó una línea de tendencia lineal teniendo en cuenta que es una primera fase de evaluación del crecimiento de las plántulas.

Figura 4.

Gráfica Línea de Crecimiento de La Planta



Nota: SAS (statistical analysis system).

Longitud Foliar

La tabla 5 presenta los resultados detallados de la medición de la Longitud Foliar para cada tratamiento en las parcelas designadas como viveros en esta investigación. Este análisis incluyó la longitud inicial de las hojas en el momento del trasplante de las chapolas a las bolsas, seguido de tres mediciones adicionales realizadas a intervalos de 15 días a partir de los 70 días de crecimiento y aplicación de tratamientos. Estos datos permiten una evaluación precisa del crecimiento foliar a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones, lo que proporciona información valiosa sobre la eficacia de los tratamientos aplicados y su impacto en el desarrollo de las plantas. Además, al comparar los resultados entre los tratamientos y los diferentes momentos de medición, se pueden identificar patrones de crecimiento y tendencias que ayudan a

comprender mejor la respuesta de las plantas a las condiciones ambientales y los tratamientos aplicados, lo que contribuye a una toma de decisiones más informada en la gestión de los cultivos.

Tabla 5.

Medición de Longitud Foliar (cm)

		Hoja inicial	Hoja medición 1	Hoja medición 2	Hoja medición 3
	T1	3,0	5,50	6,50	7,50
	T2	3,0	6,50	7,00	8,00
	T3	3,0	5,50	5,50	6,50
	T4	3,0	7,30	6,50	7,00
	T4	3,0	7,00	8,00	6,50
Vivero	T3	3,0	5,50	6,30	7,00
A	T2	3,0	6,00	7,00	6,50
	T1	3,0	5,00	6,00	7,50
	T2	3,0	6,50	7,00	7,00
	T1	3,0	6,50	6,50	8,00
	T4	3,0	6,50	7,50	8,00
	T3	3,0	5,00	7,00	6,00
		Hoja inicial	Hoja medición 1	Hoja medición 2	Hoja medición 3
	T1	3,00	5,00	5,00	5,50
	T2	3,00	5,30	6,00	6,00
	T3	3,00	5,00	6,00	6,00
Vivero	T4	3,00	5,50	6,00	6,00
B	T4	3,00	4,50	6,00	5,50
	T3	3,00	4,70	5,50	6,50
	T2	3,00	4,00	5,00	6,50
	T1	3,00	4,00	4,00	6,00

T2	3,00	4,00	6,00	6,50
T1	3,00	4,00	5,50	6,00
T4	3,00	4,70	6,00	6,00
T3	3,00	4,50	5,50	6,00

Nota: Elaboración propia

La tabla 6 proporciona un análisis detallado de los promedios estadísticos de la longitud foliar de las plántulas, incluyendo la media, los valores máximos y mínimos, obtenidos mediante el programa SAS (Statistical Analysis System). Esta herramienta permite una comparación exhaustiva de los resultados de las mediciones de la longitud foliar entre el Vivero A y el Vivero B en el estudio. Al evaluar estos datos, es posible identificar cualquier diferencia significativa en el crecimiento foliar entre los dos viveros, lo que puede arrojar luz sobre la influencia de los diferentes entornos y tratamientos en el desarrollo de las plantas.

El análisis de la media, los valores máximos y mínimos proporciona información valiosa sobre la variabilidad del crecimiento foliar dentro de cada vivero, así como las tendencias generales en el crecimiento de las plantas en diferentes condiciones. Esta información es fundamental para comprender mejor los factores que afectan el crecimiento foliar y para optimizar las prácticas de manejo agronómico en los viveros, lo que contribuye a mejorar la calidad y el rendimiento de las plantas cultivadas.

Tabla 5.

Promedios estadísticos de Longitud Foliar (cm)

Parámetro	Hoja inicial	Hoja medición1	Hoja medición2	Hoja medición3
Media vivero A	3,000	6,067	6,733	7,125
Media vivero B	3,000	4,600	5,542	6,042
Mínimo Vivero A	3,000	5,000	5,500	6,000
Máximo Vivero A	3,000	7,300	8,000	8,000
Mínimo Vivero B	3,000	4,000	4,000	5,500

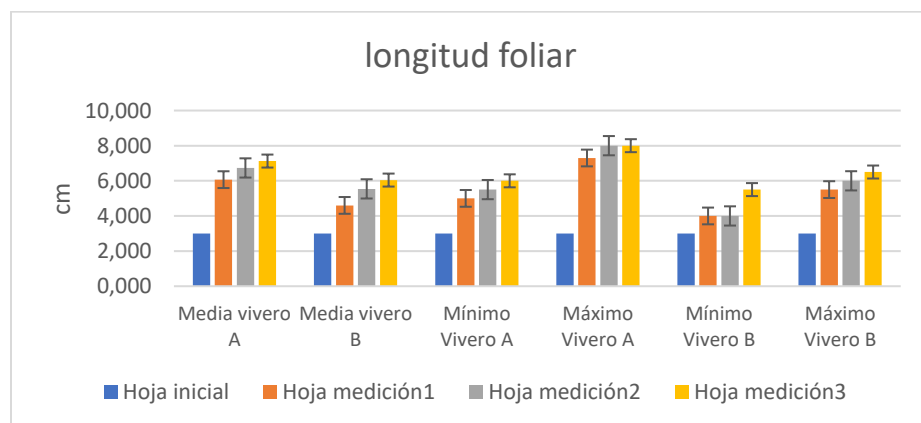
Máximo Vivero B 3,000 5,500 6,000 6,500

Nota: SAS (statistical analysis system).

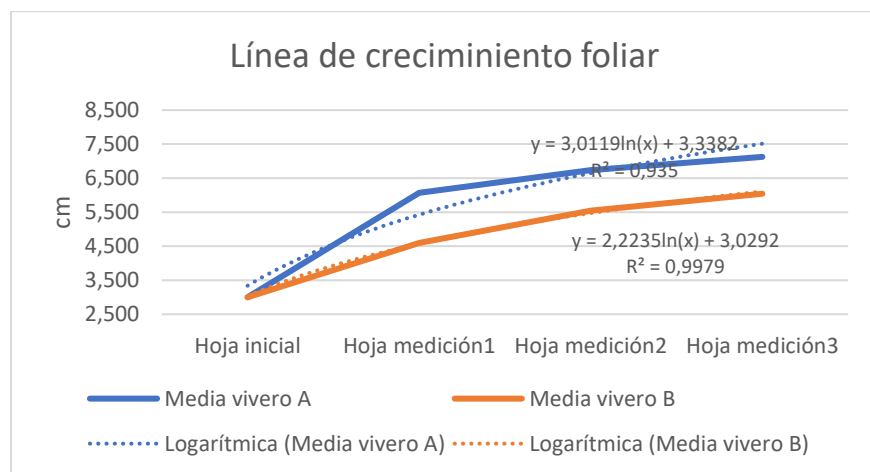
En la figura 5, gráfica de Longitud Foliar de planta se observa la comparación de los promedios estadísticos de las mediciones de longitud foliar de las plántulas del Vivero A con el Vivero B. Se evidencia que los promedios fueron más altos en el Vivero A con respecto al Vivero B, por lo tanto, se puede decir que hay una relación frente a la frecuencia de aplicación sobre la variable longitud foliar, mostrando mejores resultados en el Vivero A donde la aplicación de tratamientos se realizó una vez por semana. También se observa en la Figura 6, en la gráfica de Línea de Crecimiento Foliar, un coeficiente de determinación R^2 por encima de 0.9, para los promedios de los dos viveros acercándose a la línea curva, lo que garantiza que los datos experimentales fueron bien tomados para esa variable, en relación con la frecuencia de aplicación. En este caso se utilizó una línea de tendencia logarítmica por tratarse de datos biológicos

Figura 5.

Gráfica de Longitud foliar.



Nota: SAS (statistical analysis system).

Figura 6.*Gráfica Línea de Crecimiento Foliar*

Nota: SAS (statistical analysis system).

Longitud de raíz (cm)

La tabla 7 presenta una compilación detallada de los resultados de la medición de la Longitud de Raíz para cada tratamiento en las parcelas designadas como viveros en esta investigación. Este análisis incluyó la medición de la longitud inicial de las raíces en el momento del trasplante de las chapolas a las bolsas, seguido de tres mediciones adicionales realizadas a intervalos de 15 días a partir de los 70 días de crecimiento y aplicación de tratamientos. Estos datos permiten una evaluación exhaustiva del desarrollo radicular a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones experimentales, ofreciendo una visión detallada de cómo los tratamientos influyen en el crecimiento y la salud de las raíces de las plantas. Al comparar los resultados entre los tratamientos y los diferentes momentos de medición, se pueden identificar patrones de crecimiento radicular y tendencias que ayudan a comprender mejor la respuesta de las plantas a los tratamientos aplicados y a las condiciones ambientales. Esta información es esencial para optimizar las prácticas de manejo agronómico y mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Tabla 6.*Medición de Longitud de Raíz (cm)*

		Raíz inicial	Raíz medición 1	Raíz medición 2	Raíz medición 3
Vivero A	T1	2,0	6,0	6,00	8,00
	T2	2,0	6,0	6,00	8,00
	T3	2,0	5,0	5,50	6,00
	T4	2,0	6,0	6,50	7,00
	T4	2,0	7,0	7,00	6,50
	T3	2,0	5,0	5,00	5,50
	T2	2,0	5,5	6,00	6,00
	T1	2,0	5,0	6,50	6,50
	T2	2,0	5,0	6,50	6,50
	T1	2,0	4,0	6,50	7,50
	T4	2,0	5,5	6,00	7,00
	T3	2,0	5,0	6,00	7,00
		Raíz inicial	Raíz medición 1	Raíz medición 2	Raíz medición 3
Vivero B	T1	2,0	6,0	5,00	6,00
	T2	2,0	5,0	6,00	5,50
	T3	2,0	6,0	6,00	6,50
	T4	2,0	8,5	5,50	5,50
	T4	2,0	7,5	5,00	5,80
	T3	2,0	5,0	6,00	6,00
	T2	2,0	5,0	7,00	7,00
	T1	2,0	6,5	5,50	6,00
	T2	2,0	5,0	6,00	6,00
	T1	2,0	6,0	5,50	5,00
	T4	2,0	4,3	7,50	6,00
	T3	2,0	5,0	5,00	6,00

Nota: Elaboración propia

La tabla 8 proporciona una descripción detallada de los promedios estadísticos de la longitud de raíz de las plántulas, incluyendo la media, los valores máximos y mínimos, obtenidos mediante el uso del programa SAS (Statistical Analysis System). Esta herramienta facilita una comparación exhaustiva de los resultados de las mediciones de la longitud de raíz entre el Vivero A y el Vivero B en el estudio. Al evaluar estos datos, se pueden identificar posibles diferencias significativas en el desarrollo de las raíces entre los dos viveros, lo que puede arrojar luz sobre la influencia de los distintos ambientes y tratamientos en el sistema radicular de las plantas.

El análisis de la media, los valores máximos y mínimos proporciona una visión completa de la variabilidad en el crecimiento de las raíces dentro de cada vivero, así como las tendencias generales en el desarrollo radicular en diferentes condiciones. Esta información es esencial para comprender mejor los factores que afectan el crecimiento de las raíces y para optimizar las prácticas de manejo agronómico en los viveros, lo que contribuye a mejorar la calidad y el rendimiento de las plantas cultivadas.

Tabla 7.

Promedios estadísticos de Longitud de raíz.

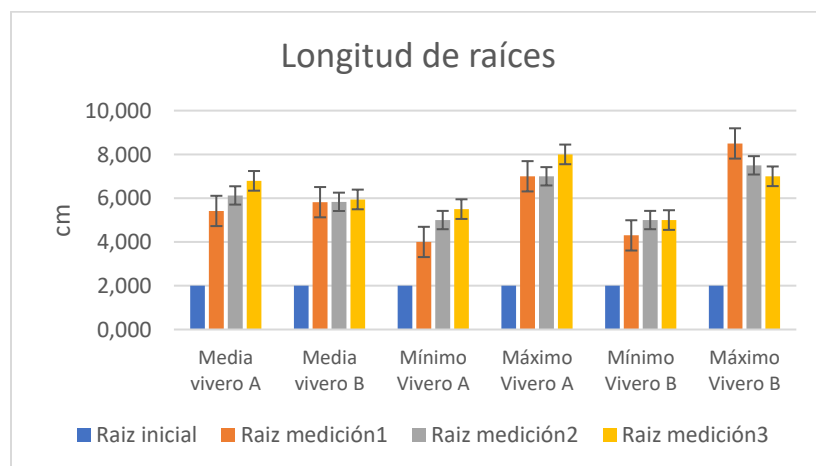
Parámetro	Raíz inicial	Raíz medición1	Raíz medición2	Raíz medición3
Media vivero A	2,000	5,417	6,125	6,792
Media vivero B	2,000	5,817	5,833	5,942
Mínimo Vivero A	2,000	4,000	5,000	5,500
Máximo Vivero A	2,000	7,000	7,000	8,000
Mínimo Vivero B	2,000	4,300	5,000	5,000
Máximo Vivero B	2,000	8,500	7,500	7,000

Nota: SAS (statistical analysis system).

En la figura 7, gráfica de altura de planta se observa la comparación de los promedios estadísticos de las mediciones de longitud de raíz de las plántulas del Vivero A con el Vivero B. Se evidencia que los promedios fueron más altos en el Vivero A con respecto al Vivero B, por lo tanto, se puede decir que hay una relación frente a la frecuencia de aplicación sobre la variable longitud de raíz, mostrando mejores resultados en el Vivero A donde la aplicación de tratamientos se realizó una vez por semana. De igual manera como se observa en la Figura 8, en la gráfica de Línea de crecimiento de raíz, con un coeficiente de determinación R^2 por encima de 0.7, para los promedios de los dos viveros acercándose a la línea curva, lo que garantiza que los datos experimentales fueron bien tomados para esa variable, en relación con la frecuencia de aplicación. En este caso se utilizó una línea de tendencia logarítmica por tratarse de datos biológicos, bajo condiciones semi controladas en el que se acepta el R^2 por encima de 0.7.

Figura 7.

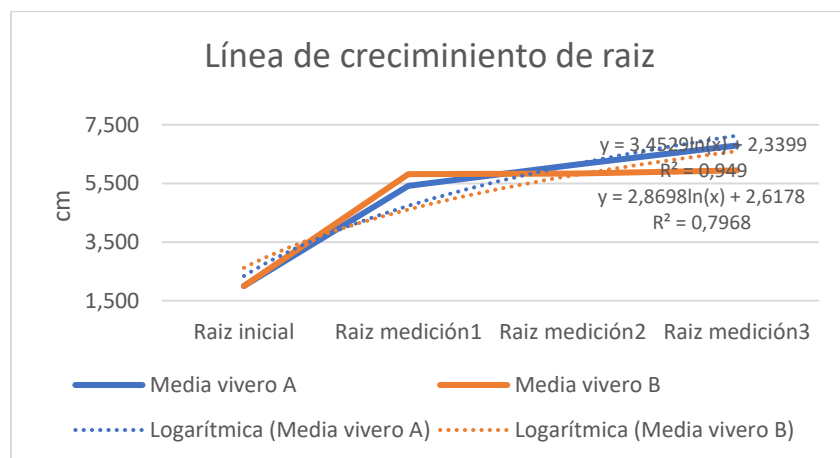
Gráfica de Longitud de Raíz.



Nota: SAS (statistical analysis system).

Figura 8.

Gráfica Línea de Crecimiento de Raíz.



Nota: SAS (statistical analysis system).

Matéria Seca (%)

En la tabla 9, se presenta una detallada recopilación de los resultados de la medición de la materia seca de las plántulas para cada tratamiento en las parcelas designadas como viveros en este estudio. Este análisis implica la toma de tres plántulas de cada tratamiento y la realización de tres mediciones a intervalos de 15 días a partir de los 70 días de crecimiento y aplicación de los tratamientos. Estos datos ofrecen una visión exhaustiva de cómo cada tratamiento afecta la biomasa de las plántulas a lo largo del tiempo, proporcionando información valiosa sobre su crecimiento y desarrollo bajo diferentes condiciones experimentales. Al comparar los resultados entre los tratamientos y los diferentes momentos de medición, se pueden identificar patrones de acumulación de materia seca y tendencias que ayudan a comprender mejor la eficacia de los tratamientos aplicados y su impacto en el desarrollo de las plantas. Esta información es esencial para evaluar la respuesta de las plantas a los diferentes tratamientos y para ajustar las prácticas de manejo agronómico con el fin de mejorar la producción y la calidad de los cultivos.

Tabla 8.*Medición de Materias Seca (%)*

		%MS medición 1	%MS medición2	%MS medición3
Vivero A	T1	80,0	44,00	28,50
	T2	83,0	55,00	33,30
	T3	57,0	50,00	40,00
	T4	62,5	41,00	33,30
	T4	62,5	41,00	33,30
	T3	57,0	50,00	40,00
	T2	83,0	55,00	33,30
	T1	80,0	44,00	28,50
	T2	83,0	55,00	33,30
	T1	80,0	44,00	28,50
	T4	62,5	41,00	33,30
	T3	57,0	50,00	40,00
		%MS medición 1	%MS medición2	%MS medición3
Vivero B	T1	50,0	66,60	20,00
	T2	66,0	50,00	33,30
	T3	66,0	40,00	30,70
	T4	40,0	37,50	30,00
	T4	40,0	37,50	30,00
	T3	66,0	40,00	30,70
	T2	66,0	50,00	33,30
	T1	50,0	66,60	20,00
	T2	66,0	50,00	33,30
	T1	50,0	66,60	20,00
	T4	40,0	37,50	30,00
	T3	66,0	40,00	30,70

Nota: Elaboración propia

La tabla 10 presenta los promedios estadísticos de la materia seca de las plántulas, incluyendo la media, los valores máximos y mínimos, obtenidos mediante el programa SAS (Statistical Analysis System), lo que facilita la comparación de los resultados de las mediciones entre el Vivero A y el Vivero B. Este análisis ofrece una comprensión detallada de cómo difiere la acumulación de materia seca en las plántulas entre los dos viveros, lo que ayuda a identificar posibles variaciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo.

Tabla 9.

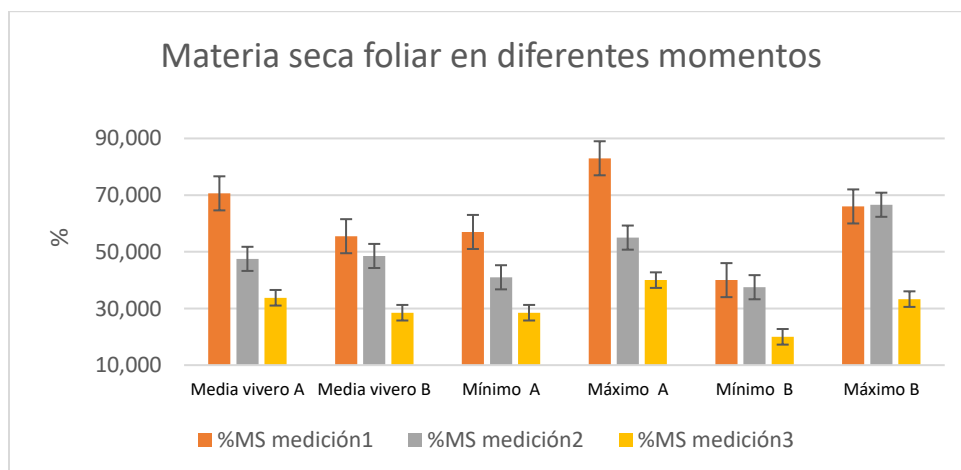
Promedios estadísticos de Materia Seca

Parámetro	%MS	%MS	%MS
	medición1	medición2	medición3
Media vivero A	70,625	47,500	33,775
Media vivero B	55,500	48,525	28,500
Mínimo A	57,000	41,000	28,500
Máximo A	83,000	55,000	40,000
Mínimo B	40,000	37,500	20,000
Máximo B	66,000	66,600	33,300

Nota: SAS (statistical analysis system).

Figura 9.

Gráfica de Materia Seca en diferentes momentos

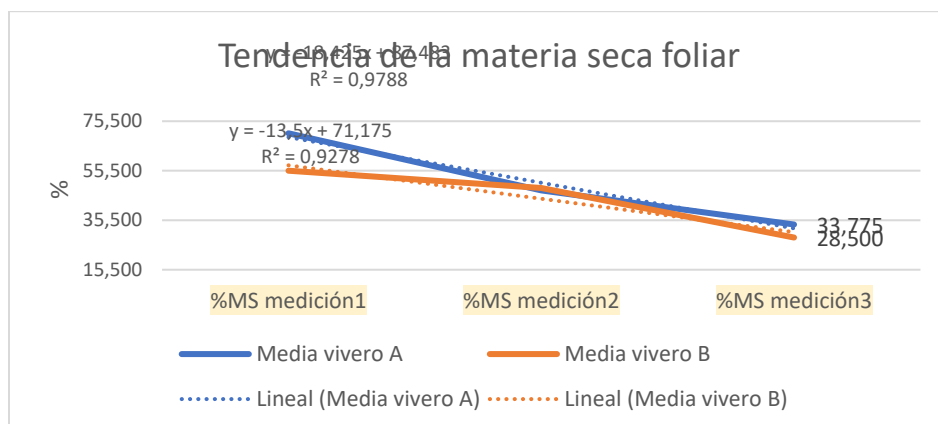


Nota: SAS (statistical analysis system).

En la figura 8, que representa la materia seca en diferentes momentos, se muestra la comparación de los promedios estadísticos de las mediciones de materia seca tomadas en tres momentos tanto para el Vivero A como para el Vivero B. Se observa una tendencia de disminución en los promedios a medida que avanza el tiempo, lo cual se explica por el agotamiento gradual de las reservas de la semilla conforme las plántulas crecen. Este fenómeno refleja un aumento en el requerimiento nutricional a medida que las plantas se desarrollan. Además, se observa en la Figura 10, gráfica de Línea de Tendencia de materia seca foliar, con un coeficiente de determinación R^2 por encima de 0.9, para los promedios de los dos viveros acercándose a la línea recta, lo que garantiza que los datos experimentales fueron bien tomados para esa variable, en relación con la frecuencia de aplicación.

Figura 10.

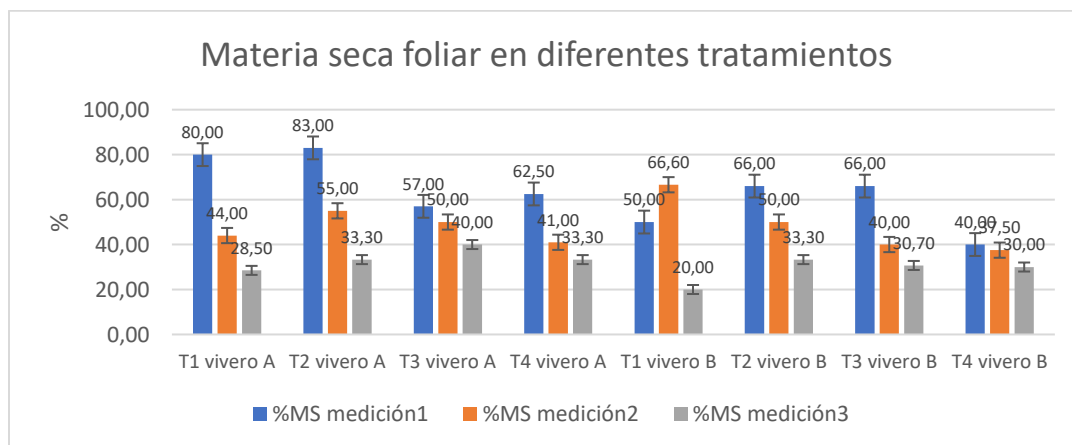
Gráfica de Tendencia de la materia seca foliar.



Nota: SAS (statistical analysis system).

Figura 11.

Gráfica de Materia seca foliar en diferentes tratamientos



Nota: SAS (statistical analysis system).

En la figura 11, que representa la materia foliar en diferentes tratamientos, se observan mayores promedios para el tratamiento 1 y tratamiento 2 en la primera medición, en función de la frecuencia de aplicación. Esto se debe a los mayores porcentajes de materia seca obtenidos en el vivero A, donde la ampliación fue semanal para los bloques a los que se les aplicaron microorganismos capturados en un sistema de bosque y de microorganismos capturados en un

sistema de café. Esta diferencia resalta la influencia significativa de la frecuencia de aplicación y el tipo de microorganismos utilizados en la acumulación de materia foliar, lo que sugiere la importancia de considerar cuidadosamente estos factores en el manejo y la fertilización de los cultivos.

Análisis de Varianza (ANOVA)

El efecto de cuatro métodos de aplicación de microorganismos al suelo T1, T2, T3 y T4, sobre el crecimiento de raíces plantas. La estrategia experimental es aplicar tres veces los cuatro métodos de aplicación en orden completamente aleatorio (las 12 pruebas en orden aleatorio). Si se usa el diseño completamente al azar (DCA), se supone que, además del método de ampliación, no existe ningún otro factor que influya de manera significativa sobre la variable de respuesta (crecimiento de raíces). De manera que, en la Tabla 11, se puede observar los promedios de crecimientos de raíces, los cuales se tomaron para el análisis de variables (ANOVA), porque es la variable que esta más asociada a la rizosfera, donde se espera que haya un mayor efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos, mostrando que independientemente si aplicamos comerciales o agroquímicos, los microorganismos de montaña muestran un mejor promedio en el crecimiento de raíces. Se realiza para la medición 3, cuando las plántulas logran el mayor tamaño, las mediciones se realizaron a final del ensayo teniendo en cuenta que son muestras destructivas, ya que lo que se busca es tener el menor impacto sobre el vivero.

Tabla 10.

Promedios de crecimiento de raíces

Crecimiento raíces (cm) en la medición 3				
Nro.	T1	T2	T3	T4
1	8,00	8,00	6,00	7,00
2	6,50	6,00	5,50	6,50
3	7,50	6,50	7,00	7,00

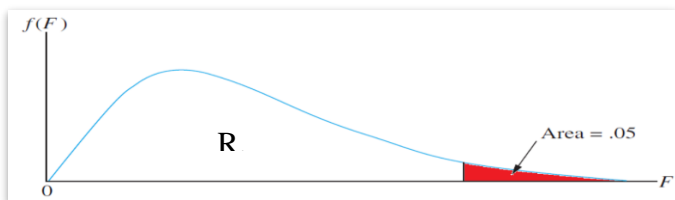
Nota: Elaboración propia

En la tabla 12 se muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA), en este análisis de varianza (ANOVA), no se rechaza la hipótesis nula. La decisión de rechazar o no la hipótesis nula se basa en el valor de F calculado y el p-valor en comparación con un nivel de significancia previamente establecido. En este caso, el valor de F calculado es 1.1785714 y el p-valor es 0.3769749. Si el valor de F calculado fuera mayor que el valor crítico de F (4.06618055) o si el p-valor fuera menor que el nivel de significancia (por ejemplo, 0.05), se podría rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, dado que el valor de F calculado es menor que el valor crítico de F y el p-valor es mayor que 0.05, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula en este análisis.

Tabla 11.

ANOVA (Medición raíces)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	2,0625	3	0,6875	1,1785714
Dentro de las muestras	4,7	8	0,5833333	
Total	6,7	11		
(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} =$	4,06618055	=INV.F.CD (0,05; J19; J20)		
p-valor=	0,3769749	=DISTR.F.CD (L19; J19; J20)		



Nota: Elaboración propia

En resumen, los resultados del análisis de varianza respaldan la hipótesis nula al no encontrar diferencias significativas entre los grupos en relación con la variable medida. Esta

conclusión sugiere que, dentro del alcance del estudio y con los datos recopilados, no se identificaron efectos estadísticamente significativos que puedan atribuirse a las variables o tratamientos analizados. Aunque esto puede interpretarse como una falta de efecto en las condiciones evaluadas, es importante considerar otros factores que podrían influir en los resultados, como el tamaño de la muestra, la precisión de las mediciones y la validez de los métodos utilizados. Además, estos hallazgos resaltan la necesidad de seguir explorando y refinando las metodologías de investigación para comprender mejor la complejidad de las relaciones entre las variables estudiadas.

Método de Tukey

En este análisis de Tukey, se ha comparado las diferencias poblacionales entre diferentes tratamientos y se ha calculado las diferencias muestrales (DF). En la tabla 13 se muestran resultados, en donde todas las decisiones son "No significativo", lo que indica que no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos que se utilizaron en esta investigación. En otras palabras, no hay evidencia suficiente para concluir que algún tratamiento sea significativamente diferente de los demás en términos de su efecto o resultado, según los datos analizados y el nivel de significancia utilizado en el análisis de Tukey.

Tabla 12.

Resultados de Análisis de comparaciones de Tukey

Diferencia poblacional	Diferencia muestral (DF)	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	0,50	No significativo
$\mu_A - \mu_C$	1,17	No significativo
$\mu_A - \mu_D$	0,50	No significativo
$\mu_B - \mu_C$	0,67	No significativo
$\mu_B - \mu_D$	0,00	No significativo
$\mu_C - \mu_D$	0,67	No significativo

Nota: Elaboración propia

Aunque no se encontraron diferencias significativas en el análisis, es notable que los mayores promedios se observaron en la aplicación de microorganismos de montaña de sistema bosque. Esto sugiere que, en términos de los resultados medidos, los microorganismos de montaña pueden ser una alternativa efectiva y preferible a los productos comerciales o químicos para el tratamiento evaluado. Este hallazgo resalta la importancia de explorar y aprovechar los recursos naturales disponibles, como los microorganismos presentes en los ecosistemas de montaña, en lugar de depender exclusivamente de soluciones sintéticas. Además, sugiere la necesidad de una mayor investigación para comprender mejor el papel y el potencial de los microorganismos nativos en la mejora de la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental.

Conclusiones

Se observa que las plántulas en el Vivero A, donde se aplicaron los microorganismos de montaña una vez por semana, muestran un mayor crecimiento de la longitud foliar en comparación con el Vivero B. Esto sugiere que la frecuencia de aplicación puede tener un impacto positivo en el crecimiento de las plántulas. El momento adecuado y la frecuencia de aplicación pueden influir en la eficacia de estos microorganismos en la promoción del crecimiento vegetal. Por ende, similar a la longitud foliar, las plántulas en el Vivero A muestran un mayor crecimiento de la longitud de raíz en comparación con el Vivero B. Esto indica que la aplicación de microorganismos de montaña podría estar promoviendo un desarrollo más saludable de las raíces.

Los análisis de materia seca muestran que las plántulas en el Vivero A tienden a tener mayores porcentajes de materia seca en comparación con el Vivero B, especialmente en la primera medición. Esto podría indicar una mayor acumulación de biomasa en las plántulas del Vivero A, y teniendo en cuenta que a mayor acumulación de biomasa hay un mayor potencial de crecimiento y resistencia de las plántulas, los microorganismos de montaña podrían estar facilitando la absorción de nutrientes esenciales para la síntesis de biomasa en las plántulas.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado no encontró diferencias significativas entre los grupos en términos del crecimiento de raíces y el método de Tukey utilizado para comparar las diferencias poblacionales entre los tratamientos también concluyó que no hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Sin embargo, aunque el análisis estadístico no pudo demostrar diferencias significativas en el crecimiento de raíces entre los métodos de aplicación de microorganismos. Estos hallazgos respaldan la idea de que la aplicación de

microorganismos de montaña puede ser una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento de plántulas en condiciones similares a las del estudio.

Esta investigación sugiere que la aplicación de microorganismos de montaña en el Vivero A, con una frecuencia semanal, tiende a promover un mejor crecimiento de las plántulas en comparación con el Vivero B. Esto puede estar relacionado con la capacidad de estos microorganismos para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y estimular procesos de desarrollo vegetal. Los microorganismos de montaña pueden desempeñar un papel importante en la solubilización de nutrientes y su absorción por parte de las raíces de las plántulas de café.

Recomendaciones

Los resultados de este estudio sugieren que estos microorganismos pueden tener un impacto positivo en el desarrollo vegetal, se recomienda considerar la aplicación de microorganismos de montaña como una estrategia viable para mejorar el crecimiento de plántulas de café en lugar de los agroquímicos o comerciales. Del mismo modo, en las plántulas a las que se les aplicó los microorganismos de montaña cada dos semanas, se observó Amarillamiento en sus hojas nuevas y manchas marrón (café) donde se puede deducir que fue un ataque del hongo Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*) por una carencia de nutrientes (Fósforo) por y las altas heladas.

Por lo tanto, es importante destacar que la respuesta a los tratamientos puede ser variable y depender de diversos factores, por lo que se necesita un análisis más detallado para comprender completamente las condiciones óptimas para la aplicación de microorganismos en plántulas de café. Es así que, la medición de la materia que seca, que se realizó cada 15 días a partir de los 70 días de establecimiento, con un tiempo desde la medición 1 a la medición 3 de 45 días, arroja un porcentaje final del 28% el cual es muy bajo, ya que por encima de 30% es aceptable, lo que demuestra que en este momento hay una necesidad de manejo nutricional o manejo de la rizosfera para poder mejorar las condiciones nutricionales de la Planta. Estamos demostrando que a los 3 meses las plántulas requieren de alguna aplicación de fertilizantes biológica o química, y es el momento de trasplantarse al terreno.

Referencias Bibliográficas

- Arcila, J., Farfán, F. F., Moreno, A. M., Salazar, L. F., y Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia.
- Álvarez Marqués, J. L., y Prieto Hernández, C. L. (2023). La materia orgánica del suelo y su manejo. <http://rein.umcc.cu/handle/123456789/2966>
- Barcos, M. (2017). Análisis del proceso de comercialización del café orgánico y su incidencia socioeconómica en el Cantón Santa Ana periodo. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/30/EAMADM0003.pdf>
- Brechelt, A. (2004). Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Red de acción de Plaguicidas y sus alternativas para América Latina.
- Campozano, D. (2020). Eficacia de sustratos en la clonación de genotipos de café robusta *Coffea Canephora* en Manglaralto - Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad: UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5392>
- Campo Martínez, A.P., Acosta Sánchez, R.L., Morales Velasco, S. y Prado, F.A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- Carbajal, R. (2018). Efecto de fuentes de sustratos orgánicos tratadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú: UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2081>
- Castro-Barquero, L., Martínez-Vargas, V., Castro-Zuñiga, O., & Blanco-Meneses, M. (2020). Abono Orgánico, Microorganismos de Montaña (MM) y Fertibiol para el control

- biológico de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* wor.) en el cultivo de mostaza china (*Brassica rapa* sp. *pekinensis* var. Taranko F1). *Agronomía Costarricense*, 44(2), 31-49.
- Castro Barquero, L., Murillo Roos, M., Lorío, L. U., & Mata Chinchilla, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39, 21-36.
- Cisneros, C.A., Franco, J.M., Realpe Fernández, M. y Fuenmayor, J.C. (2017). Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arábica*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19-26.
- Duran Felipe. 2010. Cultivo del café. Grupo Latino Editores S.A.S. Colombia. Pag.91-92
- Farfán Valencia, F., Serna Giraldo, C.A. y Sánchez Arciniega, P.M. (2015) Almácigos para caficultura orgánica, alternativas y costos. *Avances Técnicos Cenicafe*, (452), 1-8.
- Durán Gutiérrez, O. R. (2020). *Usos y apropiaciones de la comunicación, las tecnologías mediáticas y plataformas digitales en la protesta social y formas de organización de los movimientos sociales campesinos en la región del Magdalena Medio– Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Garrido, C., y Charlot, H. (2023). *Estrategias de territorialización campesina: encrucijadas entre el reconocimiento político y la autonomía territorial: Constitución y funcionamiento de dos zonas de reserva campesina en Colombia*. Editorial Universidad de Caldas.

- León Avilés Doris, D. J. (2020). Análisis de la información científica de Microorganismos eficientes de montaña para potenciar la Diversidad Biológica de los Suelos Agrícolas (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.).
- Masaquiza, Caizabanda, A. M. (2023). Comparativo de microorganismos benéficos asociado a suelos de bosque nativo y plantación forestal de la Corporación Sumak Tarpuy, en cantón Colta, provincia de Chimborazo.
- Marqués, J. L. Á., & Damião, J. C. (2018). Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Centro Agrícola*, 45(2), 29-33.
- Medina, (2019). Morfología del cafeto. https://academic.uprm.edu/mmonroig/htmlobj-1858/Morfologia_cafeto2.pdf
- Morfología y anatomía de plantas vasculares <https://www.uprm.edu/labs3051-3052/wp-content/uploads/sites/168/2020/09/lab-2-plantas.2020.pdf>
- ¿Qué Son Los Microorganismos Eficientes O Eficaces? Granja ecológica en Línea. (<https://granjaecologicaenlinea.com.co/>)
- Laruta, A. (2021). Evaluación de la eficiencia de microorganismos eficientes (em•1®) y microorganismos de montaña a diferentes concentraciones en plantines de café (coffea arábica l.) en Caranavi - La Paz. Universidad Mayor de San Andres. Bolívia: UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/26147>
- Raven, P. H., Evert, R. F., y Eichhorn, S. E. (2005). *Biología Vegetal*. Editorial Reverté.
- Romero, A. A., Cardoza, I. U., Romero, N. A., Rodríguez, A. D., y Gómez, K. H. (2020). Efecto de los microorganismos de montaña en el desarrollo y productividad del cultivo de pimiento en condiciones de campo. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 20(39).

- Sotomayor; Duicela. 1993. Manual del cultivo del café. Eco fisiología del cultivo. (En línea).
Quevedo, Ecuador. Consultado 15 de Nov 2013. Disponible
en <http://books.google.com.ec/books?id=RXszAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Suchini Ramírez, J. G. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio. Serie Técnica. Manual Técnico.
- State-of-the-art statistical analysis software for making sound decisions. SAS/STAT Software (https://www.sas.com/en_us/software/stat.html).
- Talía Fernanda, L. S. (2021). Evaluación morfológica en etapa de vivero de dos híbridos de café arábigo (Coffe arábica), a la inclusión de abonos orgánicos en el sustrato (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- Tencio, R. (2021). Uso de microorganismos benéficos en la agricultura orgánica en Costa Rica. Informe Académico, no. 243, p. 41.
- Ortiz, S., Rodríguez Fazzone, M., Dueñas, J. D., Hernández, F., y Hernández, C. (2021). Los activos intangibles de la agricultura familiar en los sistemas agroalimentarios: Marco conceptual y consideraciones metodológicas. Food y Agriculture Org.
- Umaña, S., Rodríguez, K., & Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. Revista de Ciencias Ambientales, 51(2), 133-144.
- Zamora, G. (2020). Comportamiento de tres híbridos de café (Coffea arábica L.) en tres distanciamientos de siembra. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa: Comportamiento de tres híbridos de café (Coffea arábica L.) en tres distanciamientos de siembra. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2472>

Apéndices

Apéndice A.

Captura de microorganismos



Nota: Siembra de las trampas de arroz en los sistemas agroecológicos seleccionados.

Apéndice B.

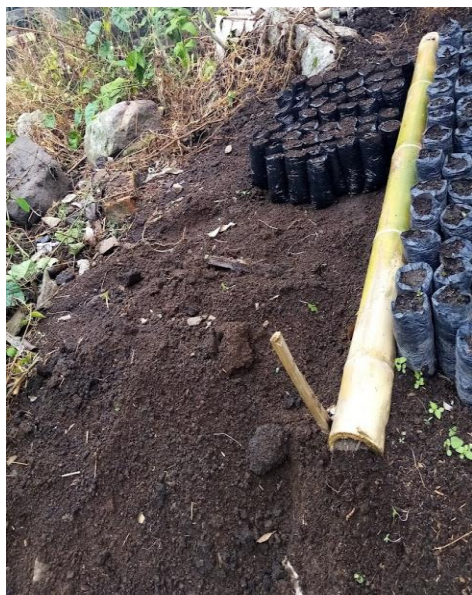
Activación de microorganismos



Nota: Una vez recogidas las trampas se identifican los microorganismos benéficos y se incorporan a la mezcla de agua y melaza.

Apéndice C.

Instalación de Almacigo



Nota: Se realizó el trasplante de las chapolas y la distribución en bloques y parcelas.

Apéndice D.

Aplicación de los tratamientos



Nota: Se realizó la aplicación de cada tratamiento a las chapolas de café.

Apéndice E.

Distribución de parcelas, bloques y tratamientos



Nota: Se establecieron dos viveros distribuidos en bloques al azar

Apéndice F.

Daño por Hongo Antracnosis



Nota: Daño presentado en la mayoría de las plántulas.

Apéndice G.

Medición de Variables



Nota: Variables evaluadas: Longitud de raíz, altura de planta, longitud foliar y materia seca.