



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTÍZ”
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL
DESARROLLO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE
BANANO (*Musa AAA*)**

**AUTORA
TIBILLIN PLASENCIA MARÍA BELEN**

**TUTOR
MARTINEZ ALCIVAR FERNANDO ROBERTO**

**NARANJAL, ECUADOR
2025**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“Dr. Jacobo Bucaram Ortíz”
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL DESARROLLO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa AAA*), realizado por la estudiante TIBILLIN PLASENCIA MARÍA BELEN; con cédula de identidad N° 0928045368 de la carrera AGRONOMÍA, Unidad Académica NARANJAL, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. MARTÍNEZ ALCIVAR FERNANDO, M. Sc

Naranjal, 14 de marzo del 2025



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“Dr. Jacobo Bucaram Ortíz”
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL DESARROLLO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa AAA*)”, realizado por la estudiante TIBILLIN PLASENCIA MARÍA BELEN, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. OSTAIZA CLAVIJO GINGER, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. LASCANO MONTES ARIANA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. MARTÍNEZ ALCIVAR FERNANDO, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Naranjal, 14 de marzo del 2025

Dedicatoria

A mis padres, quienes con su amor y sabiduría me han enseñado que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia. Gracias por siempre estar a mi lado, creyendo en mí cuando más lo necesitaba.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por ser mi refugio en cada momento de incertidumbre. A mis amigos, por su alegría y compañía, que hicieron de este camino un viaje mucho más llevadero.

A todas las personas que han sido parte de este proceso, de una u otra manera, gracias por ser mi motor y mi inspiración.

Agradecimiento

Expresando mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis.

A mi tutor de tesis, el ING. Fernando Martínez por su guía, paciencia y dedicación

A mis padres queridos, Jacinto Tibillin y Elsa Plasencia por su amor incondicional y su incansable apoyo en cada paso de mi vida. Su confianza en mí ha sido la base sobre la que he construido mis metas.

A mi familia y amigos, por su comprensión, aliento y por estar siempre a mi lado, especialmente en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi pilar de apoyo y por brindarme fuerzas para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, con sus enseñanzas, inspiraron y enriquecieron mi desarrollo académico y personal.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo TIBILLIN PLASENCIA MARÍA BELEN, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL DESARROLLO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa AAA*)” para optar el título de INGENIERA AGRÓNOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Naranjal, 14 de marzo del 2025

TIBILLIN PLASENCIA MARÍA BELEN

C.I. 0928045368

RESUMEN

El trabajo experimental fue realizado en un vivero de banano ubicado en la zona agrícola de Naranjal, Guayas, entre los meses de agosto del año 2024 a enero del año 2025. El objetivo general fue evaluar el uso de microorganismos eficientes en el desarrollo agronómico del cultivo de banano (*Musa* AAA). Los objetivos específicos son: determinar si el uso de microorganismos eficientes mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano como altura de planta y circunferencia del tallo, establecer la dosis adecuada de microorganismos eficientes el desarrollo foliar del banano en etapa vivero y valorar económicamente los tratamientos en estudio para comprobar su costo de producción. El presente estudio fue desarrollado con el uso de microorganismos eficientes (EM) con diferente dosificación, para probar la dosis más adecuada que aumente el desarrollo agronómico de la planta de banano. Las variables en estudio son: altura de planta, circunferencia del tallo, número de hojas y costo de producción. El diseño que se utilizó en esta investigación fue bloques completamente al azar (DBCA) compuesto por cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados indicaron que, el uso de microorganismos eficientes mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano con una altura de 68,28 cm a los 45 días evaluados y 98,62 cm a los 65 días valorada dicha variable. A mayor dosis de microorganismos eficientes, mayor es el beneficio sobre el desarrollo foliar de las plantas, se refleja 12 hojas en la primera evaluación y 17 hojas en su segunda evaluación.

Palabras clave: banano, circunferencia del tallo, foliar, microorganismos eficientes *Musa* AAA.

ABSTRACT

The experimental work was carried out in a banana nursery located in the agricultural area of Naranjal, Guayas, between the months of August 2024 and January 2025. The general objective was to evaluate the use of efficient microorganisms in the agronomic development of the banana crop (*Musa* AAA). The specific objectives are: to determine if the use of efficient microorganisms improves the agronomic development of the banana plant such as plant height and stem circumference, to establish the appropriate dose of efficient microorganisms for the leaf development of the banana at the nursery stage and to economically assess the treatments under study to verify their production cost. The present study was developed with the use of efficient microorganisms (EM) with different dosages, to test the most appropriate dose that increases the agronomic development of the banana plant. The variables under study are: plant height, stem circumference, number of leaves and production cost. The design used in this research was a completely randomized block design (DBCA) composed of four treatments and five replications. The results indicated that the use of efficient microorganisms improves the agronomic development of the banana plant with a height of 68.28 cm at 45 days evaluated and 98.62 cm at 65 days after said variable was evaluated. The higher the dose of efficient microorganisms, the greater the benefit on the leaf development of the plants, reflecting 12 leaves in the first evaluation and 17 leaves in its second evaluation.

Keywords: banana, stem circumference, foliar, efficient microorganisms *Musa* AAA.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1 Antecedentes del problema..... | 12 |
| 1.2 Planteamiento y formulación del problema | 13 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 13 |
| 1.4 Delimitación de la investigación | 14 |
| 1.5 Objetivo general | 14 |
| 1.6 Objetivos específicos..... | 14 |
| 1.7 Hipótesis o idea a defender..... | 14 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 Estado del arte..... | 15 |
| 2.2 Bases teóricas | 17 |
| 2.3 Marco legal..... | 20 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1 Enfoque de la investigación | 22 |
| 3.2 Metodología | 22 |
| 3.3 Cronograma de actividades | 24 |
| 4. RESULTADOS..... | 25 |
| 5. DISCUSIÓN | 28 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 29 |
| 6.1 Conclusiones..... | 29 |
| 6.2 Recomendaciones..... | 29 |
| BIBLIOGRAFÍA | 30 |
| ANEXOS | 35 |
| APÉNDICES | 37 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo N°1: Figura 1.Cronograma de actividades | 24 |
| Anexo N°2: Figura 2. Unidad experimental | 35 |
| Anexo N°3: Figura 3. Diseño experimental en vivero (DBCA) | 36 |

ÍNDICE DE APÉNDICE

| | |
|---|----|
| Apéndice N° 1: Tabla 1. Tratamientos en estudio..... | 23 |
| Apéndice N° 2: Tabla 2. Esquema del análisis de varianza..... | 23 |
| Apéndice N° 3: Tabla 3. Promedio altura de plantas (cm) | 25 |
| Apéndice N° 4: Tabla 4. Promedio del diámetro del tallo (cm) | 25 |
| Apéndice N° 5: Tabla 5. Promedio del número de hojas | 26 |
| Apéndice N° 6: Tabla 6. Costo de producción entre tratamientos | 27 |
| Apéndice N° 7: Tabla 7. Datos de campo de altura de planta (45 días) | 37 |
| Apéndice N° 8: Tabla 8. Análisis Estadístico de altura de planta (45 días) | 37 |
| Apéndice N° 9: Tabla 9. Datos de campo de altura de planta (65 días) | 38 |
| Apéndice N° 10: Tabla 10. Análisis Estadístico de altura de planta (65 días) 38 | |
| Apéndice N° 11: Tabla 11. Datos de campo de circunferencia de tallo (45 días) | 39 |
| Apéndice N° 12: Tabla 12. Análisis Estadístico de circunferencia de tallo (45 días) | 39 |
| Apéndice N° 13: Tabla 13. Datos de campo de circunferencia de tallo (65 días) | 40 |
| Apéndice N° 14: Tabla 14. Análisis estadístico de circunferencia de tallo (65 días) | 40 |
| Apéndice N° 15: Tabla 15. Datos de campo de número de hojas (45 días) ... | 41 |
| Apéndice N° 16: Tabla 16. Análisis estadístico de número de hojas (45 días)41 | |
| Apéndice N° 17: Tabla 17. Datos de campo de número de hojas (65 días) ... | 42 |
| Apéndice N° 18: Tabla 18. Análisis estadístico de número de hojas (65 días)42 | |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de banano tiene un impacto económico y social significativo en diversas regiones del mundo, ya que no solo representa una fuente esencial de alimento y energía, sino que también desempeña un papel clave en la estabilidad económica y el bienestar de ciertas comunidades. En Ecuador, la comercialización del banano es un pilar fundamental de la economía, generando ingresos considerables y proporcionando empleo a aproximadamente 200 000 personas de manera directa, además de beneficiar indirectamente a más de un millón de trabajadores, según datos de la Asociación de Exportadores de Banano de Ecuador (Sanmartín, Cuenca, Luna, Jaramillo, & Villaseñor, 2023).

Debido a su alto valor nutricional y su gran demanda en los mercados internacionales, el banano se encuentra entre los principales productos agrícolas de exportación del país. Para analizar su evolución en términos de producción y comercialización, es crucial disponer de indicadores precisos que permitan evaluar el desarrollo del sector y realizar un seguimiento de las variaciones en el mercado a lo largo del tiempo (Burgo & Gaitán, 2021).

En cuanto a la optimización de la nutrición en los cultivos, una estrategia efectiva es la aplicación de microorganismos benéficos, los cuales se reproducen en medios específicos y se emplean como biofertilizantes. Esta técnica mejora la interacción microbiológica del suelo, promoviendo un desarrollo más vigoroso del sistema radicular, fortaleciendo el metabolismo de la planta y estimulando su sistema de defensa natural (Nagua, Quevedo, & García, 2022).

Cabe destacar que los microorganismos eficientes (EM) no reemplazan otras prácticas de manejo agrícola, sino que funcionan como un complemento para potenciar estrategias como la rotación de cultivos, el uso de enmiendas orgánicas, la labranza de conservación, el aprovechamiento de residuos vegetales y el control biológico de plagas (Averos, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La producción de banano en la región agrícola de Naranjal enfrenta múltiples desafíos en la actualidad, que van desde factores ambientales hasta inquietudes relacionadas con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Uno de los problemas principales es la deficiencia de nutrientes en los cultivos, lo que ha reducido su rendimiento. Sin embargo, la aplicación excesiva de productos agroquímicos, como fertilizantes y pesticidas, ha generado consecuencias negativas para el entorno, incluyendo la contaminación de suelos y fuentes hídricas, la disminución de la biodiversidad y el deterioro de los ecosistemas naturales.

Ante esta problemática, es fundamental explorar alternativas ecológicas que minimicen estos efectos perjudiciales. En este contexto, el presente ensayo tiene como objetivo analizar la implementación de microorganismos eficientes como una solución innovadora para optimizar la producción bananera, logrando un incremento en la calidad y cantidad de la cosecha de manera sostenible.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será efecto del uso de microorganismos eficientes en el desarrollo agronómico del cultivo de banano (*Musa AAA*)?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad, el cultivo de banano se posiciona como uno de los sectores agrícolas de mayor relevancia económica y extensión en América Latina y el Caribe. En el caso de Ecuador, esta actividad representa una de las principales fuentes de exportación, ya que la calidad de su fruta es altamente demandada en distintos mercados internacionales debido a sus destacadas propiedades nutricionales (Carrasco, y otros, 2024).

Para optimizar la fertilidad del suelo y mejorar la productividad, el uso de microorganismos eficientes ha demostrado ser una estrategia clave. Estos organismos favorecen el reciclaje de nutrientes en el suelo, aumentando su disponibilidad para las plantas. Asimismo, poseen la capacidad de degradar compuestos tóxicos como pesticidas, generar moléculas orgánicas simples que

pueden ser asimiladas por los cultivos y formar enlaces con metales pesados, reduciendo así su absorción y propagación dentro de la planta (Ramos, 2023).

1.4 Delimitación de la investigación

El trabajo experimental fue realizado en un vivero de banano ubicado en la zona agrícola de Naranjal, Guayas, entre los meses de septiembre del año 2024 a marzo del año 2025.

1.5 Objetivo general

Evaluar el uso de microorganismos eficientes en el desarrollo agronómico del cultivo de banano (*Musa AAA*).

1.6 Objetivos específicos

- Determinar si el uso de microorganismos eficientes mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano como altura de planta y circunferencia del tallo.
- Establecer la dosis adecuada de microorganismos eficientes el desarrollo foliar del banano en etapa vivero.
- Valorar económicamente los tratamientos en estudio para comprobar su costo de producción.

1.7 Hipótesis o idea a defender

Al menos una de las dosis establecidas de microorganismos eficientes mejorará el desarrollo agronómico del cultivo de banano en la zona agrícola del cantón Naranjal.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

(Galecio et al., 2020) evaluaron el impacto de fuentes orgánicas (compost, humus de lombriz y bocashi) y microorganismos eficientes (EM) sobre el rendimiento del banano cultivar Williams. Los tratamientos fueron: T1 compost 33,33 t.ha⁻¹ + 5% de EM; T2 humus de lombriz 33,33 t.ha⁻¹ + 5% de EM; T3 bocashi 33,33 t.ha⁻¹ + 5% de EM; T4 compost 16,66 t.ha⁻¹ + guano de isla 1,25 t.ha⁻¹ + 5% de EM; T5 fertilización convencional con NPK + 5% de EM. Con un diseño de bloques al azar, se observó que el tratamiento con compost a 33,3 t.ha⁻¹ + 5% de EM produjo más manillas (9), dedos (162), peso por racimo (30,63 kg) y rendimiento (51,06 t.ha⁻¹).

(Jumbo et al., 2023) investigaron la supervivencia de microorganismos eficientes aplicados al suelo en cultivos de banano orgánico. El estudio utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y un grupo de control, cada uno con 20 repeticiones. Los tratamientos incluyeron harina de hoja de guaba, harina de arroz, harina de maíz, harina de banano, melaza y ME. Los resultados mostraron que los tratamientos T1 y T2 presentaron la mayor cantidad de microorganismos beneficiosos, obteniendo también los mejores resultados en otras variables evaluadas.

(Bernal, 2020) investigó el impacto de las micorrizas (HMA) y los microorganismos eficientes (EM) en la reducción de las dosis de fósforo en el cultivo de banano Valery. Los tratamientos incluyeron la aplicación de HMA, HMA + EM, EM y un grupo sin HMA ni EM. En cada tratamiento, se evaluaron cinco dosis de fósforo (P) en kg ha⁻¹, que fueron 0, 25, 50, 75 y 100. El estudio se basó en un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) con un arreglo factorial de 5 (dosis de P) x 2 (con o sin HMA) x 2 (con o sin EM), resultando en 20 tratamientos con 3 repeticiones. Aunque no se observaron diferencias significativas en la altura de las plantas, el perímetro del pseudotallo ni la emisión foliar, en términos de rendimiento, se destacó el tratamiento T6 (0 kg de P₂O₅ ha⁻¹ + HMA + EM), que resultó en los racimos de mayor peso.

El propósito de este estudio fue analizar el impacto del uso de mulch y microorganismos eficientes en el control de la salinidad en los cultivos de banano. Se probaron tres combinaciones de tratamiento: T1 (mulch, 10g de biocarbón, 10g de silicio); T2 (mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g de

enraizante); T3 (mulch, 10g biocarbón, 10g silicio, 10g de microorganismos, 35g de enraizante, 70ml de regulador fisiológico). Los tratamientos T2 y T3 demostraron una reducción notable en la conductividad eléctrica del suelo, lo cual favoreció la disponibilidad de nutrientes y aumentó el porcentaje de raíces activas en el cultivo de banano, resultando en una mejora en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos hallazgos subrayan la relevancia de incorporar estas técnicas en la agricultura para mejorar el rendimiento de los cultivos de banano (Velasco & Sánchez, 2024).

El propósito de este estudio fue analizar cómo los microorganismos beneficiosos afectan el desarrollo de vitroplantas de plátano en condiciones de campo. Los resultados indicaron que, al aplicar diversas dosis de microorganismos, las vitroplantas mostraron una respuesta positiva general en varios parámetros evaluados, como la altura de la planta, el diámetro y la producción de hijos. El tratamiento 3 obtuvo la mejor respuesta en cuanto a la altura de la planta, seguido del tratamiento 2. En cuanto a la producción de hijos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero no hubo variación notable en el grosor del tallo, donde el comportamiento fue similar para ambos tratamientos (Abreu, Meriño, Matos, Urgelles, & Sánchez, 2021).

Este estudio evaluó el uso de *Trichoderma ghanense*, micorrizas arbusculares y un biofertilizante líquido en plantas de banano William durante las fases de aclimatación y vivero. Se realizaron 20 tratamientos con un diseño factorial 2(k) durante seis semanas. Los resultados mostraron que el tratamiento B10 fue el más efectivo en aclimatación, con un aumento del 29,6 % en altura y 19,9 % en diámetro, mientras que el tratamiento B19 destacó en vivero, mejorando la altura (14,5 %), diámetro (19,3 %), área foliar (13,4 %), longitud radicular (91,8 %) y pesos (39,98 % húmedo, 90,5 % seco) en comparación al control. Ambos tratamientos lograron más del 45 % de micorrización y un 100 % de supervivencia en aclimatación (Mora, y otros, 2021).

La investigación se justifica por el impacto económico de la actividad bananera, que representa el 3,84 % del PIB total. Se realizaron tratamientos con microorganismos eficientes (*Trichoderma harzianum*) a partir de la segunda semana tras el trasplante. Los tratamientos evaluados incluyeron diferentes combinaciones de fertilizantes comerciales y microorganismos nativos. Se utilizó un diseño aleatorio con 7 tratamientos y 4 repeticiones, en un área de 1,2 Ha. Se

evaluaron variables como emisión foliar, altura de planta, circunferencia del pseudotallo y análisis económico (Muñoz, Alcívar, Ruiz, Álvarez, & Vásquez, 2024).

Fusarium oxysporum es un hongo patógeno que afecta gravemente a varias plantas, especialmente en cultivos clave como el banano. El control de esta enfermedad se realiza comúnmente con pesticidas químicos, los cuales pueden generar impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Una opción más eficiente y ecológica es el uso de microorganismos eficientes (ME) para el control biológico de *Fusarium oxysporum*. La aplicación de estrategias de manejo biológico contra la raza 4 de Foc utilizando ME es una alternativa más respetuosa con el medio ambiente. Los ME son capaces de competir por los nutrientes, producir compuestos antimicrobianos y activar las defensas de las plantas, lo que los convierte en una opción prometedora y sostenible para el control de FOC raza 4 (Leiva, 2023).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del cultivo de banano

El banano, perteneciente al género *Musa*, tiene su origen en Asia, y diversos estudios indican que proviene de la región indomalaya, donde ha sido cultivado durante milenios. Su propagación se extendió hacia el sur y el oeste, desde Indonesia hasta Malasia y Hawái. Posteriormente, esta fruta fue introducida en Europa a principios del siglo X (Ganchozo, 2021).

Por otro lado, los registros históricos sugieren que los exploradores portugueses descubrieron esta fruta en el siglo XV en la costa occidental de África, específicamente en la región de Guinea, motivo por el cual fue denominada "guineo". Su domesticación se atribuye a procesos de mutación y modificaciones genéticas a partir de variedades silvestres (Ricardo, 2022).

2.2.2 Importancia del cultivo

El cultivo de banano es una de las actividades agrícolas más extensas y lucrativas en América Latina y el Caribe. En Ecuador, representa la principal fuente de ingresos en el sector de exportación agrícola. Su comercialización a nivel internacional se sustenta en su alta calidad, lo que ha impulsado su consumo en numerosos países debido a sus beneficios nutricionales (Zhiminaicela et al., 2020).

Ecuador contribuye con el 30% del suministro global de banano, consolidándose como el mayor exportador mundial. Esta fruta constituye el 10% del total de

exportaciones nacionales y ocupa el segundo lugar entre los productos más comercializados en el extranjero. Su aceptación en los mercados más exigentes y su incorporación en la alimentación diaria de millones de personas refuerzan su importancia económica y social (Centanaro & Nava, 2021).

2.2.3 Descripción taxonómica y morfológica de la planta

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *M. paradisiaca*

Nombre binomial: *Musa x paradisiaca* L. (García, 2020).

El sistema de raíces cumple la función de absorber y transportar agua, además de facilitar la transferencia de nutrientes desde el suelo hacia la planta. En el banano, este sistema se divide en dos tipos: el primario y el adventicio. Las raíces primarias surgen en la capa superficial del cilindro central del rizoma, mientras que las raíces secundarias y terciarias se originan a partir de las primarias (Armas, 2021).

El tallo real de la planta corresponde a un rizoma subterráneo de gran tamaño y rico en almidón, el cual está cubierto por yemas. Estas yemas comienzan su desarrollo una vez que la planta ha completado su proceso de floración y producción de frutos. Cuando un brote del rizoma madura, su yema terminal se convierte en una inflorescencia que es impulsada hacia la superficie debido al crecimiento del tallo, emergiendo por encima del pseudotallo (Berrocal, 2023).

Las hojas, que constituyen el órgano principal de la fotosíntesis, emergen enrolladas desde el centro del pseudotallo. A medida que crecen, la base de la vaina foliar se estrecha, formando un pecíolo cuya apertura varía según la variedad del cultivo (Zambrano, 2020).

La inflorescencia tiene forma de espiga y consta de varias estructuras. Su pedúnculo da origen a grupos de flores dispuestos en racimos, los cuales aparecen en forma de nódulos. En cada nódulo, las flores se disponen en dos hileras sobre cojines ubicados transversalmente. La bráctea cumple una función protectora,

resguardando las flores jóvenes y sirviendo de soporte para los cojines florales (Quimí, 2022).

El fruto presenta una forma alargada y cilíndrica con una ligera curvatura. Su pulpa es suave, rica en almidón y de sabor dulce. Carece de semillas y se organiza en racimos, donde cada grupo, denominado "mano", contiene entre 30 y 70 frutos, también conocidos como "dedos". Estos pueden medir entre 20 y 40 cm de largo y tener un diámetro de 4 a 7 cm (Choperena, 2024).

2.2.4 Requerimientos edafoclimáticos de la planta

La temperatura es el principal elemento que regula el crecimiento del cultivo. Se considera que el rango óptimo para su desarrollo se encuentra entre los 20 y 30 °C, ya que en estas condiciones se han obtenido los mejores rendimientos y ciclos de producción más cortos. Sin embargo, cuando la temperatura desciende por debajo de los 15 °C, el crecimiento se detiene completamente (Garcés, 2020).

Aunque la temperatura es clave, la disponibilidad de agua es otro factor fundamental para el desarrollo del cultivo. A pesar de que el banano suele cultivarse en regiones con altos niveles de humedad y lluvias constantes, requiere entre 120 y 200 mm de precipitación mensual. En temporadas de sequía, se recomienda complementar con riego. No obstante, su sistema radicular, caracterizado por raíces fibrosas y superficiales, es especialmente vulnerable tanto a la falta de agua como al exceso de precipitaciones, ya que un encharcamiento prolongado puede provocar asfixia radicular (López, 2020).

Diversas condiciones del suelo pueden afectar negativamente el crecimiento y la productividad del banano. Entre estos factores se incluyen la disminución del pH, el incremento de la acidez intercambiable, una alta porosidad debido a un contenido elevado de arena, un exceso en la tasa de infiltración del agua, el estrés hídrico y un desbalance en la concentración de nutrientes esenciales como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Estas condiciones pueden debilitar la planta y reducir significativamente su potencial de producción (Rodríguez, 2020).

2.2.5 Microorganismos eficientes

El empleo de microorganismos tiene como propósito restaurar la fertilidad del suelo y revitalizar su ecosistema, aprovechando insumos económicos que pueden obtenerse localmente en la finca o comunidad. El uso excesivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas ha generado altos costos de producción, deterioro ambiental,

contaminación de los recursos naturales y efectos perjudiciales en la salud humana (Muñoz, 2020).

La incorporación de microorganismos benéficos en el suelo es una práctica clave dentro de la agricultura sostenible, ya que contribuye a restablecer el equilibrio microbiano del suelo. Esto no solo optimiza sus propiedades físicas, químicas y biológicas, sino que también fortalece la sanidad vegetal y mejora el rendimiento de los cultivos (Reyes, León, & Barrezueta, 2023).

Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en la microbiota del suelo, facilitando la descomposición de materia orgánica y protegiendo los cultivos contra patógenos. Un ejemplo destacado es *Trichoderma*, un hongo benéfico con capacidad de micoparasitismo. Este mecanismo establece una relación antagónica con hongos patógenos, impidiendo su proliferación mediante procesos de fijación y competencia por espacio y nutrientes (Cevallos, Armijos, Quevedo, & García, 2024).

2.3 Marco legal

FUNDAMENTO NORMATIVO

Ley de Productos Orgánicos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero del 2006, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de promover y regular los criterios y/o requisitos para la conversión, producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación, empaque, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente.

Acuerdo por el que se da a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de normar la operación orgánica que desarrollen las personas físicas o morales, en materia agropecuaria; así como los procedimientos para su certificación y reconocimiento y establece el ámbito de aplicación a todas las actividades agropecuarias donde se produzcan productos frescos o vivos, de vegetales o animales y sus productos o subproductos, incluido los materiales de reproducción vegetativa, las semillas, micelios o esporas; los productos de las actividades agropecuarias de procesados o transformados, las levaduras destinadas al procesamiento de alimentos; la producción y comercialización de materiales, sustancias, productos, insumos e ingredientes, previa

evaluación positiva a los requisitos y procedimientos, para ser incluidos en la Lista Nacional de permitidos con o sin restricción en la operación orgánica, así como métodos a introducir en las operaciones orgánicas, y la Lista nacional de materiales, sustancias, productos, insumos, métodos e ingredientes prohibidos.

Acuerdo por el que se da a conocer el Distintivo Nacional de los Productos Orgánicos y se establecen las reglas generales para su uso en el Etiquetado de los Productos Certificados como orgánicos.

Publicado en el diario oficial de la federación el 25 de octubre de 2013, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de dar a conocer y establecer las reglas de uso del Distintivo Nacional de los Productos Orgánicos con las especificaciones, patrones cromáticos y demás características que se precisan en el presente instrumento (SENASICA, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo y alcance de investigación

La presente investigación fue considerada experimental, la cual evaluó el uso de microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano (*Musa AAA*).

3.1.2 Diseño de investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño experimental compuesto por cuatro tratamientos y cinco repeticiones, cada tratamiento y repetición fue constituida por ocho plantas de banano (Figura 2).

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. Variable independiente

Uso de microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano (*Musa AAA*).

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1. Altura de planta

Esta variable fue tomada a los 45 y 65 días después de la primera aplicación de los tratamientos en etapa vivero. Los datos fueron expresados en centímetros.

3.2.1.2.2. Diámetro del tallo

Esta variable fue tomada a los 45 y 65 días después de la primera aplicación, los datos fueron expresados en cm. Y se tomó la circunferencia basal de las plántulas de banano midiendo a 15 cm de altura de la base del pseudotallo utilizando una cinta métrica.

3.2.1.2.3. Número de hojas

Se contabilizaron las hojas a los 45 días y 65 días después del inicio del ensayo experimental.

3.2.1.2.4. Costo de producción

Para evaluar esta variable, se consideraron los costos totales de producción del cultivo, incluyendo todos los gastos incurridos durante el proceso productivo debido a la aplicación de los tratamientos.

3.2.2 Tratamientos

El presente estudio fue desarrollado con el uso de microorganismos eficientes (EM) con diferente dosificación, para probar la dosis más adecuada que aumente el desarrollo agronómico de la planta de banano. La frecuencia de aplicación de tratamientos fue al primer día del ensayo, luego a los 30, 60 y 90 días para culminar. Los tratamientos se detallan en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1.

Tratamientos en estudio

| N | Tratamiento | Dosis/ha | Aplicaciones |
|---|---------------------------------|----------|----------------|
| 1 | Microorganismos eficientes (EM) | 2 litros | 1-20-40-60 |
| 2 | Microorganismos eficientes (EM) | 4 litros | 1-20-40-60 |
| 3 | Microorganismos eficientes (EM) | 6 litros | 1-20-40-60 |
| 4 | Testigo absoluto | 0 | Sin aplicación |

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.3 Diseño experimental

El diseño que se utilizó en esta investigación fue bloques completamente al azar (DBCA) compuesto por cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada tratamiento fue constituido por cinco unidades experimentales.

Tabla 2.

Esquema del análisis de varianza

| Fuente de variación | | Grados de libertad |
|---------------------|--------|--------------------|
| Tratamientos | (T-1) | 3 |
| Repeticiones | (r-1) | 4 |
| Error experimental | t(r-1) | 12 |
| Total | t.r-1 | 19 |

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

La investigación recolectó información de tesis de grado, revistas científicas, guía técnica, biblioteca, maestría, etc. Los materiales empleados fueron: libreta de apuntes, microorganismos eficientes, bomba de riego, bomba de fumigar, equipo de medición, machete, herbicidas, funguicidas, plástico, navaja, entre otros.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1. Selección de plantas

Se seleccionó 12 plantas por cada bloque o unidad experimentales y fue señalada con un letrero para identificar el número de tratamiento y repetición que pertenece, bajo el diseño experimental de campo (Figura 3).

3.2.4.2.2. Fertilización

Se realizó la respectiva fertilización de las plantas en etapa vivero con el uso de microorganismos eficientes, según los tratamientos establecidos en la Tabla 1. Y las frecuencias fueron al primer día del ensayo, luego a los 30, 60 y 90 días después.

3.2.4.2.3. Riego y control fitosanitario

El riego se lo realizó de acuerdo con las necesidades del cultivo. Además, se llevó un control fitosanitario preventivo.

3.2.4.2.4. Toma de datos

Se tomó la respectiva toma de datos a los 25, 45 y 65 días después de la primera aplicación de los tratamientos estudiados.

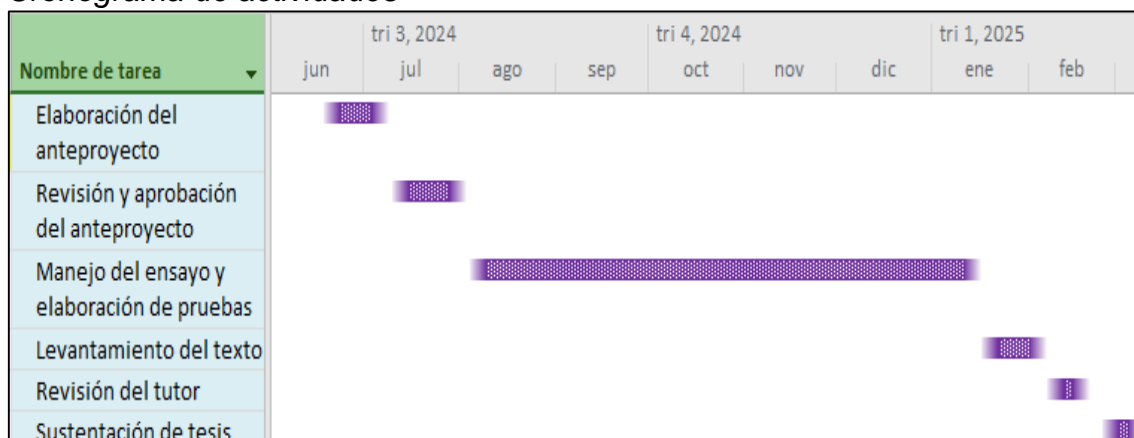
3.2.5 Análisis estadístico

Los datos se evaluaron estadísticamente mediante el análisis de varianza y la comparación de medidas se realizó con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Este análisis se realizó con el software InfoStat, los datos fueron registrados con el programa Microsoft Excel.

3.3 Cronograma de actividades

Figura 1.

Cronograma de actividades



Elaborado por: La Autora (2024)

4. RESULTADOS

4.1 Determinación del uso de microorganismos eficientes mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano como altura de planta y circunferencia del tallo.

- **Altura de planta (cm)**

El promedio de altura de plantas a los 45 días evaluados indica que, el tratamiento con mayor promedio fue dado por el tratamiento 3 Microorganismos eficientes (EM) 6L con 69,28 cm, seguido del T2 Microorganismos eficientes (EM) 4 L con 62,50 cm. Después, en su segunda evaluación dicha significancia se mantuvo constante y los promedios más altos fueron dado por dichos tratamientos con T2 (91,66 cm) y T3 (98,62 cm). El coeficiente de variación fue 1,60% en la primera evaluación y 1,35% en la segunda evaluación.

Tabla 3.
Promedio altura de plantas (cm)

| Tratamientos | 45 días | 65 días |
|---|---------|---------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 57,40 c | 84,52 c |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 62,60 b | 91,66 b |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 68,28 a | 98,62 a |
| T4: Testigo absoluto | 51,39 d | 74,87 d |
| CV% | 1,60 | 1,35 |

Elaborado por: La Autora, 2025

- **Diámetro del tallo (cm)**

El análisis estadístico de la variable diámetro del tallo muestra significancia entre los tratamientos en estudio. La dosis más alta de microorganismos eficientes resalta en los resultados con 13,92 cm de la circunferencia del tallo a los 45 días y 27,48 cm a los 65 días. El coeficiente de variación fue 3,25% en la primera evaluación y 2,79% en la segunda evaluación.

Tabla 4.
Promedio del diámetro del tallo (cm)

| Tratamientos | 45 días | 65 días |
|---|---------|---------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 12,00 b | 22,62 c |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 12,53 b | 24,92 b |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 13,92 a | 27,48 a |
| T4: Testigo absoluto | 10,52 c | 18,80 d |
| CV% | 3,25 | 2,79 |

Elaborado por: La Autora, 2025

4.2 Establecimiento de la dosis adecuada de microorganismos eficientes el desarrollo foliar del banano en etapa vivero.

- **Número de hojas**

La comparación estadística del número de hojas muestra significancia entre los tratamientos estudiados. A los 45 días evaluados, el tratamiento 3 comprendido por la dosis más alta de microorganismos eficientes (6 litros) generó 12 hojas por planta. Seguido del tratamiento 2 con 10 hojas. Además, en la segunda evaluación realizada a los 65 días el promedio del T3 aumentó a 17 hojas, lo cual se consideró como el mejor tratamiento en estudio. El coeficiente de variación fue 13,60% y 7,30% en cada evaluación correspondiente.

Tabla 5.
Promedio del número de hojas

| Tratamientos | 45 días | 65 días |
|---|----------------|----------------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 7 c | 13 b |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 10 b | 14 b |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 12a | 17 a |
| T4: Testigo absoluto | 6 c | 10 c |
| CV% | 13,60 | 7,30 |

Elaborado por: La Autora, 2025

4.3 Valoración económica de los tratamientos en estudio para comprobar su costo de producción.

- **Costo de producción**

El costo total de producción aumentó con la dosis de Microorganismos Eficientes (EM), siendo T3 (EM 6L) el tratamiento con el mayor costo total (\$ 505) y T4 (testigo absoluto) el de menor costo (\$ 240), ya que no se aplicaron los insumos. La mano de obra y otros costos fueron constantes a lo largo de todos los tratamientos, mientras que el costo del insumo y de aplicación incrementaron conforme aumentaba la dosis de EM.

Tabla 6.
Costo de producción entre tratamientos

| COMPONENTES | T1: | T2: | T3: | T4: Testigo |
|---------------------------|--|---|--|-------------|
| | Microorganismos eficientes (EM) 2L | Microorganismos eficientes (EM) 4 L | Microorganismos eficientes (EM) 6L | absoluto |
| Costo del insumo (USD) | 70 | 140 | 200 | 0 |
| Costo de aplicación (USD) | 65 | 65 | 65 | 0 |
| Mano de obra (USD) | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Otros costos (USD) | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Costo total (USD) | 375 | 445 | 505 | 240 |

Elaborado por: La Autora, 2025

5. DISCUSIÓN

Determinado si el uso de microorganismos eficientes en la plantación de banano mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano como altura de planta y circunferencia del tallo, se menciona que, en el desarrollo de la planta el tratamiento 3 Microorganismos eficientes (EM) 6L alcanzó 69,28 cm, seguido del T2 Microorganismos eficientes (EM) 4 L con 62,50 cm en altura de planta. Después, en su segunda evaluación dicha significancia se mantuvo constante y los promedios más altos fueron dado por dichos tratamientos con T2 (91,66 cm) y T3 (98,62 cm). Con respecto a la circunferencia del tallo la dosis más alta de microorganismos eficientes resalta en los resultados con 13,92 cm de la circunferencia del tallo a los 45 días y 27,48 cm a los 65 días. Galecio et al., (2020) menciona que, el uso de microorganismos eficientes mejora la producción de banano y el desarrollo de la planta. Y Bernal (2020) destacó que, la dosis más alta de microorganismos eficiente mejoró el desarrollo agronómico de la planta, alcanzando su altura máxima.

Respecto a la dosis adecuada de microorganismos eficientes el desarrollo foliar del banano en etapa vivero, a los 45 días evaluados, el tratamiento 3 comprendido por la dosis más alta de microorganismos eficientes (6 litros) generó 12 hojas por planta. Seguido del tratamiento 2 con 10 hojas. Además, en la segunda evaluación realizada a los 65 días el promedio del T3 aumentó a 17 hojas. Por otro lado, Jumbo et al., (2023) corrobora que, a mayor cantidad o dosis de microorganismos eficientes, mayores resultados se obtienen sobre las variables evaluadas. A diferencia de Abreu et al., que menciona que el uso de microorganismos eficientes no influye en el desarrollo de hojas ni tallo en banano.

El costo total de producción aumentó con la dosis de Microorganismos Eficientes (EM), siendo T3 (EM 6L) el tratamiento con el mayor costo total (\$ 505) y T4 (testigo absoluto) el de menor costo (\$ 240), ya que no se aplicaron los insumos. La mano de obra y otros costos fueron constantes a lo largo de todos los tratamientos, mientras que el costo del insumo y de aplicación incrementaron conforme aumentaba la dosis de EM. Y Muñoz et al., evaluó variables como emisión foliar, altura de planta, circunferencia del pseudotallo y análisis económico, lo cual tuvo efecto positivo ante el uso de ME.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El uso de microorganismos eficientes mejora el desarrollo agronómico de la planta de banano con una altura de 68,28 cm a los 45 días evaluados y 98,62 cm a los 65 días valorada dicha variable.

A mayor dosis de microorganismos eficientes utilizados en plantas de banano, mayor es el beneficio sobre el desarrollo foliar de las plantas, se refleja 12 hojas en la primera evaluación y 17 hojas en su segunda evaluación.

El costo total de producción aumentó con la dosis de Microorganismos Eficientes (EM), siendo T3 (EM 6L) el tratamiento con el mayor costo total (\$ 505) y T4 (testigo absoluto) el de menor costo (\$ 240), ya que no se aplicaron los insumos.

6.2 Recomendaciones

Incluir el uso de microorganismos eficientes en el desarrollo de la planta, en vista que, mejora su crecimiento y alcanza mayor promedio en altura y circunferencia del tallo.

Realizar estudios con diferente dosificación de microorganismos eficientes, para corroborar su eficacia y obtener mejores resultados en la emisión de hojas en cada evaluación.

Generar un costo de producción antes de cualquier aplicación de insumos, para determinar el costo de producción y el agricultor pueda analizar su rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, N., Meriño, A., Matos, K., Urgelles, I., & Sánchez, E. (5 de 7 de 2021). Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes en vitroplantas de plátano fruta enano en condiciones de campo. *Medio Ambiente Y Desarrollo*, 21(40), 3. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/302>
- Armas, J. (2021). *Acompañamiento en el manejo agronómico y la ejecución de labores culturales del cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) del grupo empresarial Banaexport*. Universidad de Cordoba, Montería. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/f4b71a3c-8e0c-407f-bac5-7062eab5623c>
- Averos, G. (2022). *Influencia de microorganismos eficientes en la producción del cultivo de banano (Musa AAA) en el Ecuador*. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11345>
- Bernal, M. (2020). *Efecto de microorganismos eficientes y micorrizas en la fertilización fosfórica del banano en alta densidad bajo condiciones edafoclimáticas de apartadó – colombia*. Universidad de Cordoba, Montería. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/af83b768-55b3-4063-b2dc-40cef0325ea0>
- Berrocal, L. (2023). *Evaluación y seguimiento de la calidad de labores culturales en etapa precosecha y cosecha del cultivo de banano (Musa AAA) tipo exportación, en Urabá Antioquia*. Universidad de Cordoba, Montería. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/c16ed4ff-779c-44eb-bc7f-04e0ab2ad50b>
- Burgo, O., & Gaitán, V. (2021). Comportamiento de indicadores de calidad en el cultivo del banano de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista metropolitana de ciencias aplicadas*, 4(1), 202-209. <https://remca2.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/315>
- Carrasco, C., Santana, D., González, M., Villamarin, J., Vásquez, V., & Coello, A. (2024). Plan de mejora para el control de cochinillas en cultivo de banano en

- la zona Los Ríos, Ecuador. *Revista conocimiento global*, 9(1), 1-17.
<https://conocimientoglobal.org/revista/index.php/cglobal/article/view/324>
- Centanaro, P., & Nava, J. (2021). Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades productivas de banano, Milagro, Ecuador. *Revista CEA*, 7(13), 1-16. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3788422
- Cevallos, G., Armijos, M., Quevedo, J., & García, R. (2024). Efectos del biocarbón y microorganismos eficientes en las fases fenológicas del cultivo de banano. *Revista metropolitana de ciencias aplicadas*, 7(1), 287-294.
<https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/792>
- Choperena, M. (2024). *Seguimiento de las prácticas agronómicas y del comportamiento de la sigatoka negra (pseudocercospora fijiensis) en el cultivo de banano (musa paradisiaca aaa) en dos fincas del Urabá Antioqueño*. Universidad de Cordoba, Montería.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/40719436-10be-4b08-9a95-35e8e4c116df>
- Galecio, M., León, K., & Aguilar, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa* spp. L.). *Revista Manglar*, 17(4), 301-306.
<http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/195>
- Ganchozo, N. (2021). *Respuesta agronómica del cultivo de banano (Musa paradisiaca) a la aplicación de ácidos húmicos*. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná: UTC. <http://181.112.224.103/handle/27000/7742>
- Garcés, X. (2020). *Publicación: Evaluación y seguimiento de labores culturales en el cultivo de banano (musa aaa) en la finca Casco, Apartadó, Antioquia*. Universidad de Cordoba, Montería.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/856973e0-c1d2-4e61-9e17-1e308e349810>
- García, G. (2020). *Publicación: Acompañamiento y supervisión de labores culturales del cultivo de banano (Musa AAA) en la finca velero en apartado*

– *antioquia*. Universidad de Córdoba, Montería.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/10d91c61-2fe2-4d4d-b4b8-f22dcdea6575>

Jumbo, G., Velepucha, N., Quevedo, J., & García, R. (2023). Evaluación de la supervivencia de Microorganismos eficientes aplicados en el suelo del cultivo Banano orgánico. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 68-75.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/648>

Leiva, M. (2023). Uso de microorganismos eficientes en el control de Fusarium oxysporum cubense raza 4. *2do Congreso Universal de las Ciencias y la Investigación*, 23(1), 239.
<https://www.medwave.cl/resumenescongreso/UTA2023/UTA353.html>

López, N. (2020). *Apoyo técnico en la ejecución de las labores culturales en el cultivo de banano (Musa AAA) tipo exportación en la empresa agrícola Pacuare S.A.* Universidad de Córdoba, Montaría.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/9e294e5b-7ede-4759-8dae-34d699e5cf63>

Mora, A., Naranjo, J., Albiño, A., Flores, J., Oviedo, R., Galarza, L., . . . Barcos, M. (2 de 2021). Optimización en la aclimatación de plántulas micropropagadas de banano (Musa sp.) utilizando tres insumos orgánicos. *Revista Bionatura*, 6(1), 10.
https://www.researchgate.net/publication/349333537_Optimizacion_en_la_aclimatacion_de_plantulas_micropropagadas_de_banano_Musa_sp_utilizando_tres_insumos_organicos

Muñoz, M. (2020). *Eficiencia del ácido giberélico, microorganismos nativos, Trichoderma Sp. y melaza en plantillas de Banano, en la provincia de Los Ríos.* Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB.
<http://190.15.129.146/handle/49000/8246>

Muñoz, M., Alcívar, L., Ruiz, Y., Álvarez, C., & Vásquez, S. (11 de 7 de 2024). Efecto de la aplicación de ácido giberélico, microorganismos nativos, trichoderma sp. y melaza en el cultivo de banano (musa x paradisiaca l).

Revista del Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias (CICI), 9(2), 18.

<https://conocimientoglobal.org/revista/index.php/cglobal/article/view/414>

Nagua, E., Quevedo, J., & García, R. (2022). Biota del Suelo: Fortalecimiento Mediante la Aplicación de tres Fuentes de Inóculo en el Cultivo de Banano. *Revista científica agroecosistema*, 10(2), 94-100. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/545>

Quimí, C. (2022). *Efecto del distanciamiento de siembra en la productividad del banano Musa acuminata en la finca Musatec, comuna San Rafael, provincia de Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad: UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8729>

Ramos, S. (2023). *Efecto de un inoculante biológico y microorganismos eficientes en mezcla con un antagonista y un hongo entomopatógeno para el control de Meloidogyne spp., y Pratylenchus sp., en banano orgánico en Tumbes*. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/64232>

Reyes, J., León, P., & Barrezueta, S. (2023). Respuesta del cultivo de banano a diferentes proporciones de microorganismos y biocarbón en dos texturas de suelo. *Revista manglar*, 20(2), 109-115. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2414-10462023000200109&script=sci_abstract&tlng=en

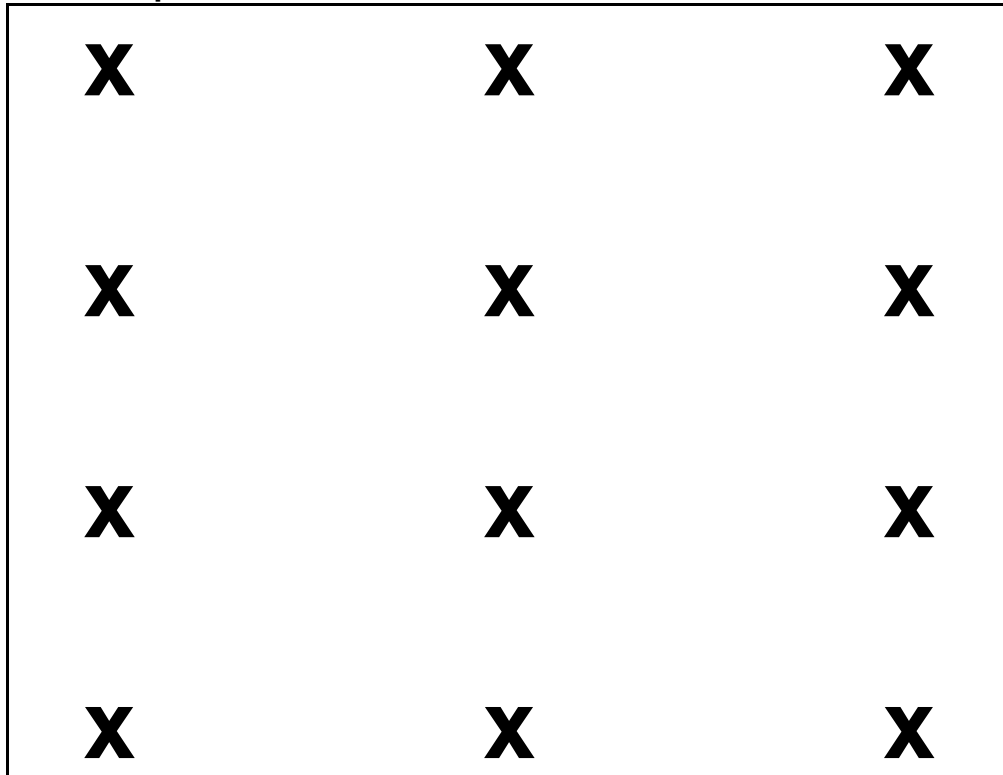
Ricardo, G. (2022). *Estado físico, químico y microbiológico del suelo en cultivo del banano Cavendish y de la palma africana Damasson 007 en la provincia de Los Ríos - Quevedo*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad: UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8730>

Rodríguez, C. (2020). *Efecto de la aplicación del bioestimulante Nutrisorb® G sobre la respuesta agronómica del cultivo de banano (Musa AAA subgrupo Cavendish cv. Gran Enano), en Parrita, Puntarenas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Puntarena. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12243>

- Sanmartín, J., Cuenca, A., Luna, A., Jaramillo, E., & Villaseñor, D. (2023). Efecto nutricional foliar de silicio para el cultivo de banano (*Musa spp.*) en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 47-56. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242023000200047
- SENASICA. (2020). Guía para la producción agrícola . Estados Unidos: SAGARPA.
- Velasco, D., & Sánchez, R. (1 de 2 de 2024). Mulch y microorganismos eficientes: efectos en el manejo de salinidad del suelo en banano. *Revista Metropolitana De Ciencias Aplicadas*, 7(1), 13. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/714>
- Zambrano, C. (2020). *Caracterización morfológica de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física en la Estación Experimental Tropical Pichilingue*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/e65c4aa8-c217-401e-9c01-f9fc49155f91>
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., & García. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista metropolitana de ciencias agrarias*, 3(3), 1-7. <https://www.remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327/350>

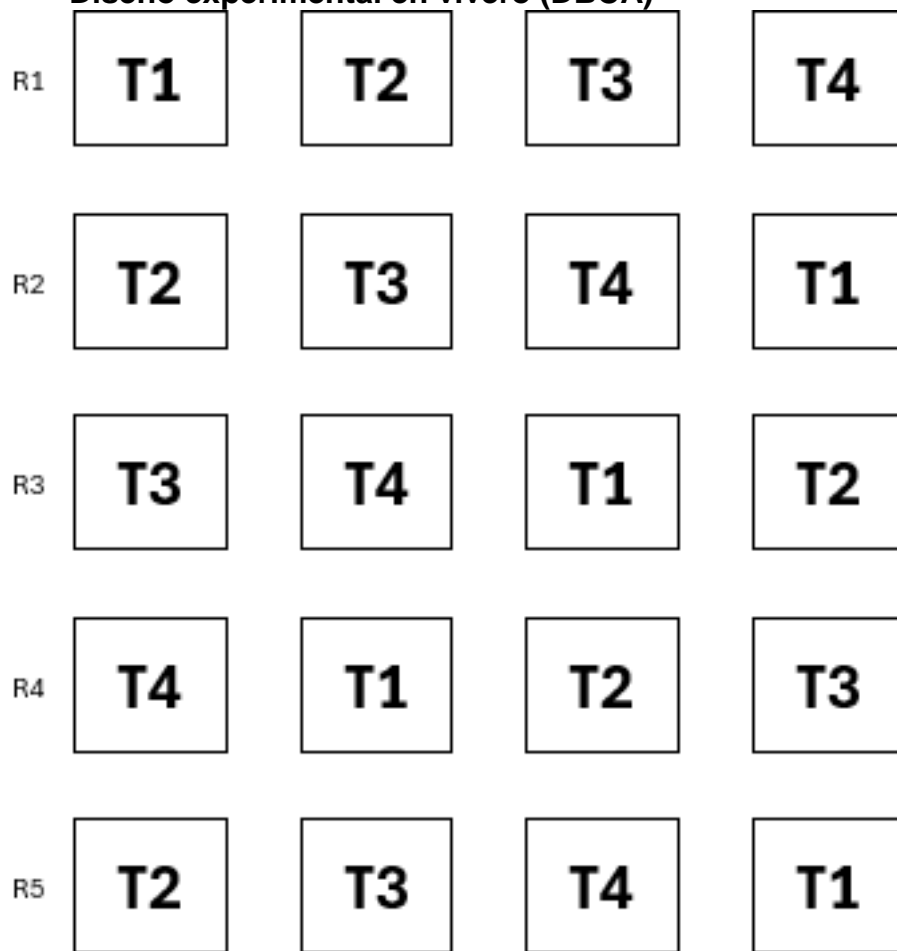
ANEXOS

Figura 2.
Unidad experimental



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 3.
Diseño experimental en vivero (DBCA)



Elaborado por: La Autora, 2025

APÉNDICES

Tabla 7.
Datos de campo de altura de planta (45 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 57.80 | 58.00 | 56.00 | 57.00 | 58.40 | 57.44 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 62.50 | 63.10 | 61.00 | 63.50 | 62.90 | 62.60 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 68.00 | 67.90 | 68.80 | 69.20 | 67.50 | 68.28 |
| T4: Testigo absoluto | 51.20 | 50.80 | 51.00 | 50.50 | 53.45 | 51.39 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 8.
Análisis Estadístico de altura de planta (45 días)
Altura de planta (45 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura de planta (45 días).. | 20 | 0,99 | 0,98 | 1,60 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Modelo | 783,72 | 7 | 111,96 | 121,38 | <0,0001 |
| Tratamientos | 779,92 | 3 | 259,97 | 281,84 | <0,0001 |
| Repeticiones | 3,80 | 4 | 0,95 | 1,03 | 0,4308 |
| Error | 11,07 | 12 | 0,92 | | |
| Total | 794,79 | 19 | | | |

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,80339

Error: 0,9224 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|------------------------------|--------|---|------|---|
| T3: Microorganismos eficie.. | 68,28 | 5 | 0,43 | A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 62,60 | 5 | 0,43 | B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 57,44 | 5 | 0,43 | C |
| T4: Testigo absoluto | 51,39 | 5 | 0,43 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,16466

Error: 0,9224 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 5 | 60,56 | 4 | 0,48 | A |
| 4 | 60,05 | 4 | 0,48 | A |
| 2 | 59,95 | 4 | 0,48 | A |
| 1 | 59,88 | 4 | 0,48 | A |
| 3 | 59,20 | 4 | 0,48 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 9.
Datos de campo de altura de planta (65 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|------|------|------|-------|------|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 84 | 85 | 83.8 | 84.6 | 85.2 | 84.52 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 91.7 | 92.2 | 90.5 | 92 | 91.9 | 91.66 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 98 | 97.9 | 99.2 | 100 | 98 | 98.62 |
| T4: Testigo absoluto | 75.8 | 75 | 76 | 72.05 | 75.5 | 74.87 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 10.
Análisis Estadístico de altura de planta (65 días)
Altura de planta (65 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura de planta (65 días).. | 20 | 0,99 | 0,98 | 1,35 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|--------|--------|---------|
| Modelo | 1547,19 | 7 | 221,03 | 157,89 | <0,0001 |
| Tratamientos | 1546,65 | 3 | 515,55 | 368,27 | <0,0001 |
| Repeticiones | 0,54 | 4 | 0,13 | 0,10 | 0,9818 |
| Error | 16,80 | 12 | 1,40 | | |
| Total | 1563,99 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,22166

Error: 1,3999 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|------------------------------|--------|---|------|---|
| T3: Microorganismos eficie.. | 98,62 | 5 | 0,53 | A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 91,66 | 5 | 0,53 | B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 84,52 | 5 | 0,53 | C |
| T4: Testigo absoluto | 74,87 | 5 | 0,53 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,66672

Error: 1,3999 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 5 | 87,65 | 4 | 0,59 | A |
| 2 | 87,53 | 4 | 0,59 | A |
| 3 | 87,38 | 4 | 0,59 | A |
| 1 | 87,38 | 4 | 0,59 | A |
| 4 | 87,16 | 4 | 0,59 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 11.
Datos de campo de circunferencia de tallo (45 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 11.32 | 12.12 | 12.02 | 12.22 | 12.32 | 12.00 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 12.32 | 12.92 | 12.72 | 12.35 | 12.32 | 12.53 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 14.62 | 13.32 | 13.62 | 13.92 | 14.12 | 13.92 |
| T4: Testigo absoluto | 10.32 | 10.52 | 10.42 | 10.62 | 10.72 | 10.52 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 12.
Análisis Estadístico de circunferencia de tallo (45 días)
Circunferencia de tallo (45 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Circunferencia de tallo (4.. | 20 | 0,94 | 0,90 | 3,25 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo | 29,72 | 7 | 4,25 | 26,85 | <0,0001 |
| Tratamientos | 29,60 | 3 | 9,87 | 62,39 | <0,0001 |
| Repeticiones | 0,12 | 4 | 0,03 | 0,19 | 0,9401 |
| Error | 1,90 | 12 | 0,16 | | |
| Total | 31,62 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,74671

Error: 0,1581 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. |
|------------------------------|--------|---|--------|
| T3: Microorganismos eficie.. | 13,92 | 5 | 0,18 A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 12,53 | 5 | 0,18 B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 12,00 | 5 | 0,18 B |
| T4: Testigo absoluto | 10,52 | 5 | 0,18 C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,89630

Error: 0,1581 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. |
|--------------|--------|---|--------|
| 5 | 12,37 | 4 | 0,20 A |
| 4 | 12,28 | 4 | 0,20 A |
| 2 | 12,22 | 4 | 0,20 A |
| 3 | 12,20 | 4 | 0,20 A |
| 1 | 12,15 | 4 | 0,20 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 13.
Datos de campo de circunferencia de tallo (65 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 22.50 | 22.90 | 22.00 | 22.70 | 23.00 | 22.62 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 24.80 | 25.10 | 24.50 | 25.30 | 24.90 | 24.92 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 27.00 | 27.50 | 27.80 | 28.10 | 27.00 | 27.48 |
| T4: Testigo absoluto | 19.00 | 18.34 | 19.70 | 17.45 | 19.50 | 18.80 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 14.
Análisis estadístico de circunferencia de tallo (65 días)
Circunferencia de tallo (65 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Circunferencia de tallo (6.. | 20 | 0,98 | 0,96 | 2,79 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|--------|---------|
| Modelo | 203,84 | 7 | 29,12 | 67,98 | <0,0001 |
| Tratamientos | 203,66 | 3 | 67,89 | 158,49 | <0,0001 |
| Repeticiones | 0,18 | 4 | 0,04 | 0,10 | 0,9789 |
| Error | 5,14 | 12 | 0,43 | | |
| Total | 208,98 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,22890

Error: 0,4283 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|------------------------------|--------|---|------|---|
| T3: Microorganismos eficie.. | 27,48 | 5 | 0,29 | A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 24,92 | 5 | 0,29 | B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 22,62 | 5 | 0,29 | C |
| T4: Testigo absoluto | 18,80 | 5 | 0,29 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,47508

Error: 0,4283 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 5 | 23,60 | 4 | 0,33 | A |
| 3 | 23,50 | 4 | 0,33 | A |
| 2 | 23,46 | 4 | 0,33 | A |
| 4 | 23,39 | 4 | 0,33 | A |
| 1 | 23,33 | 4 | 0,33 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 15.
Datos de campo de número de hojas (45 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|----|----|-----|----|----|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 9 | 10 | 9 | 12 | 9 | 10 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 11 | 12 | 15 | 12 | 11 | 12 |
| T4: Testigo absoluto | 5 | 8 | 6 | 5 | 6 | 6 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 16.
Análisis estadístico de número de hojas (45 días)
Número de hojas (45 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Número de hojas (45 días) | 20 | 0,88 | 0,81 | 13,60 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|-------|---------|
| Modelo | 124,00 | 7 | 17,71 | 12,36 | 0,0001 |
| Tratamientos | 114,80 | 3 | 38,27 | 26,70 | <0,0001 |
| Repeticiones | 9,20 | 4 | 2,30 | 1,60 | 0,2364 |
| Error | 17,20 | 12 | 1,43 | | |
| Total | 141,20 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,24802

Error: 1,4333 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|------------------------------|--------|---|------|---|
| T3: Microorganismos eficie.. | 12,20 | 5 | 0,54 | A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 9,80 | 5 | 0,54 | B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 7,20 | 5 | 0,54 | C |
| T4: Testigo absoluto | 6,00 | 5 | 0,54 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,69836

Error: 1,4333 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 2 | 9,50 | 4 | 0,60 | A |
| 4 | 9,25 | 4 | 0,60 | A |
| 3 | 9,25 | 4 | 0,60 | A |
| 5 | 8,25 | 4 | 0,60 | A |
| 1 | 7,75 | 4 | 0,60 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 17.
Datos de campo de número de hojas (65 días)

| Tratamientos | I | II | III | IV | V | Promedio |
|---|----|----|-----|----|----|----------|
| T1: Microorganismos eficientes (EM) 2L | 13 | 13 | 13 | 14 | 13 | 13 |
| T2: Microorganismos eficientes (EM) 4 L | 14 | 14 | 14 | 15 | 14 | 14 |
| T3: Microorganismos eficientes (EM) 6L | 18 | 19 | 17 | 16 | 15 | 17 |
| T4: Testigo absoluto | 11 | 11 | 10 | 9 | 11 | 10 |

Elaborado por: La Autora, 2025.

Tabla 18.
Análisis estadístico de número de hojas (65 días)
Número de hojas (65 días)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Número de hojas (65 días) | 20 | 0,90 | 0,85 | 7,33 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|-------|---------|
| Modelo | 114,10 | 7 | 16,30 | 16,17 | <0,0001 |
| Tratamientos | 111,40 | 3 | 37,13 | 36,83 | <0,0001 |
| Repeticiones | 2,70 | 4 | 0,68 | 0,67 | 0,6255 |
| Error | 12,10 | 12 | 1,01 | | |
| Total | 126,20 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,88551

Error: 1,0083 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|------------------------------|--------|---|------|---|
| T3: Microorganismos eficie.. | 17,00 | 5 | 0,45 | A |
| T2: Microorganismos eficie.. | 14,20 | 5 | 0,45 | B |
| T1: Microorganismos eficie.. | 13,20 | 5 | 0,45 | B |
| T4: Testigo absoluto | 10,40 | 5 | 0,45 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,26323

Error: 1,0083 gl: 12

| Repeticiones | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 2 | 14,25 | 4 | 0,50 | A |
| 1 | 14,00 | 4 | 0,50 | A |
| 4 | 13,50 | 4 | 0,50 | A |
| 3 | 13,50 | 4 | 0,50 | A |
| 5 | 13,25 | 4 | 0,50 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025.