



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

“Hongos Micorrízicos Arbusculares en la producción de plátano (*Musa AAB*) el Carmen Manabí Ecuador”

AUTOR: Jandry Josué Mendoza Muñoz

TUTOR: Ing. Jorge Vivas Cedeño Sifrido, Mg

El Carmen, diciembre del 2024

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página II de 52

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Jandry Josué Mendoza Muñoz**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2024 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Hongos Micorrízicos Arbusculares en la producción de plátano (*Musa AAB*) el Carmen Manabí Ecuador”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 30 de diciembre del 2024.


 Ing. Jorge Vivas Cedeno Sifrido, Mg.
Docente Tutor
 Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Hongos Micorrízicos Arbusculares en la producción de plátano (*Musa AAB*) el
Carmen Manabí Ecuador

AUTOR: Jandry Josué Mendoza Muñoz

TUTOR: Ing. Jorge Vivas Cedeño Sifrido, Mg

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. López Mejía Francel, Ph.D


Ing. Cobeña Loor Nexar, Mg


Ing. González Paul Ricardo, Mg



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Mendoza Muñoz Jandry Josué con cédula de ciudadanía 2300550130, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy el autor de la tesis titulada **“Hongos Micorrízicos Arbusculares en la producción de plátano (*Musa AAB*) el Carmen Manabí Ecuador”**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total de su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jandry Josué', with a long horizontal flourish extending to the right.

Mendoza Muñoz Jandry Josué

DEDICATORIA

Siempre parece imposible hasta que se hace - (Nelson Mandela)

A mis queridos padres, cuyo inquebrantable compromiso, apoyo incondicional y sacrificio económico me permitieron alcanzar este importante logro. Gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Sin su esfuerzo y amor, este sueño de convertirme en Ingeniero Agropecuario no habría sido posible. Este logro es tanto de ustedes como mío

Jandry Josué Mendoza Muñoz

AGRADECIMIENTO

El hombre que es un maestro de la paciencia, es un maestro de todo lo demás- (G. Saville)

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a todos los maestros que me acompañaron a lo largo de mi vida estudiantil. Su dedicación, enseñanzas y apoyo constante fueron fundamentales para mi formación personal y profesional. En especial, quiero destacar a aquellos que supieron guiarme más allá de los caminos convencionales, impulsándome a ser un profesional comprometido y consciente de la importancia de la innovación y la sostenibilidad.

Al Ing. Javier Alcívar, mi agradecimiento por introducirme al fascinante mundo de la agricultura orgánica y enseñarme que existen múltiples formas de producir alimentos inocuos y sostenibles. Su influencia ha sido clave para ampliar mi perspectiva en el campo de la producción agrícola.

Al Ing. Miguel Macay, gracias por sus valiosas lecciones sobre el manejo integral en la producción de cacao. Su método, conocido como "uno, dos, tres" para las podas del cacao, me ha brindado la confianza y el conocimiento necesarios para sobresalir en capacitaciones sobre este tema y destacar en el campo.

Al Ing. Jorge Vivas, le agradezco profundamente por enseñarme los principios de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la siembra de plátano, lo que me ha permitido producir racimos de alta calidad con un manejo eficiente y responsable.

A cada uno de ustedes, mi más sincero reconocimiento. Su enseñanza no solo me ayudó a adquirir conocimientos técnicos, sino también a desarrollar una visión más amplia y crítica, que sin duda marcará mi camino como profesional.

Jandry Josué Mendoza Muñoz

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
NDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XII
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1 MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Origen genómico y cromosómico de las de <i>Musáceas</i>	4
1.1.1 Origen geográfico del plátano (<i>Musa AAB</i>)	4
1.1.2 Origen botánico del plátano (<i>Musa AAB</i>).....	5
1.2 Clasificación taxonómica del plátano (<i>Musa AAB</i>).....	5
1.3 Condiciones edafoclimáticas del cultivo de <i>Musa AAB</i>	5
1.4 Fenología de la Planta de Plátano	6
1.4.1 Fase vegetativa (crecimiento).....	6
1.4.2 Fase reproductiva (floración).....	6
1.4.3 Fase Productiva (Llenado o Madurez del Racimo)	6
1.4.4 Fase de Sucesión (Retorno de la Producción)	6
1.5 Ecofisiología y Producción del Plátano Barraganete.....	7
1.6 Demanda nutricional del cultivo del plátano barraganete	7
1.6.1 Nutrientes esenciales y fertilización en el cultivo de plátano.....	8
1.7 Producción de plátano en Ecuador.....	10
1.8 Principales plagas en el cultivo de plátano	10
1.9 Definición, clasificación y diferencias de las micorrizas.....	11
1.9.1 Clasificación de las micorrizas	12
1.9.2 Proceso de micorrización.....	12
1.9.3 Generalidades sobre Micorrizas	12
1.9.4 Resistencia de las plantas frente a situaciones de estrés.....	13
1.9.5 Micorriza arbuscular.....	13
1.10 Biol.....	13
1.10.1 Manejo en la elaboración del biol	14
CAPITULO II.....	14
ESTADO DEL ARTE	14

CAPÍTULO III	16
3 MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Localización de la unidad experimental	16
3.2 Caracterización agroecológica de la zona.....	17
3.3 Metodología.....	17
3.3.1 Método Teórico	17
3.4 Variables	18
3.4.1 Variables independientes.....	18
3.4.2 Variables dependientes.....	18
3.5 Unidad Experimental	19
3.6 Tratamientos	19
3.7 Características de las unidades experimentales	19
3.8 Análisis estadístico	20
3.9 Manejo del ensayo	20
3.9.1 Toma de datos en la floración.....	21
3.9.2 Toma de Datos en la Poscosecha.....	21
CAPÍTULO IV	23
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Diámetro del pseudotallo (cm) a la floración en el cultivo de plátano (<i>Musa AAB</i>)	23
4.2 Altura de la planta a la floración en el cultivo de plátano (<i>Musa AAB</i>)	24
4.3 Número de hojas a la floración y a la cosecha en el cultivo de plátano (<i>Musa AAB</i>)	25
4.4 Peso del racimo y pulgada de los dedos solo pulpa.....	26
4.5 Número de dedos y de manos del racimo de <i>Musa AAB</i>	28
CAPITULO V	30
5 CONCLUSIONES	30
CAPITULO VI.....	31
6 RECOMENDACIONES	31
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	XXXV
8. ANEXOS.....	XLII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cultivares de Musáceas, en función de las consideraciones cromosómicas, Genómicas y Subgrupales	4
Tabla 2. Clasificación taxonómica del plátano barraganete (<i>Musa AAB</i>)	5
Tabla 3. <i>Caracterización de factores climáticos para cultivar de Musa AAB</i>	6
Tabla 4. Medición de la eficiencia agronómica y el factor parcial de productividad del N, P ₂ O ₅ y K ₂ O del plátano <i>Musa AAB</i> , en diferentes zonas del El Carmen Manabí	8
Tabla 5. Superficie de Cultivo y Volumen de Ventas de Plátano en Ecuador	10
Tabla 6. Principales Plagas y Enfermedades que afectan al cultivo de plátano Barraganete	10
Tabla 7. Características agroecológicas de la localidad	17
Tabla 8. Disposiciones de los tratamientos en los Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) en la producción de plátano (<i>Musa AAB</i>) El Carmen Manabí Ecuador	19
Tabla 9. Características de la unidad experimental	19
Tabla 10. Diseño de ADEVA en la evaluación de Hongos Micorrizicos Arbusculares en la producción de plátano (<i>Musa AAB</i>) El Carmen Manabí Ecuador	20
Tabla 11. Diámetro del pseudotallo (cm) a la floración del cultivo de <i>Musa AAB</i>	23
Tabla 12. Altura de la planta (m) a la floración del cultivo de <i>Musa AAB</i>	24
Tabla 13. Número de Dedos y Manos en el Racimo de <i>Musa AAB</i>	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción ciclo productivo del plátano barraganete	7
Figura 2. <i>Ubicación y coordenadas de la zona del experimento</i>	17
Figura 3. <i>Evaluación del número de hojas a la floración y cosecha en el cultivo de Musa AAB mediante el uso de hongos micorrízicos arbusculares.</i>	25
Figura 4. <i>Peso de la fruta (kg) y Longitud de la fruta (“).</i>	27

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. ADEVA del número de hojas de la cosecha.....	XLII
Anexo 2. Cosecha de Musa AAB.....	XLII
Anexo 3. Conteo de manos y dedos por tratamiento.....	XLII
Anexo 4. Aplicación de los tratamientos.....	XLIII
Anexo 5. Practicas culturales	XLIII

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la producción de plátano (*Musa AAB*) en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos (T1: NPK, T2: HMA + Fósforo, T3: HMA, T4: HMA + Materia Orgánica, y T5: Biol) y cinco repeticiones, en un área experimental de 1650 m². Las 25 parcelas, con un distanciamiento de siembra de 3 x 2 m, incluyeron 275 plantas, de las cuales cinco fueron evaluadas en cada parcela para analizar el crecimiento y la productividad. Los resultados mostraron que el tratamiento con biol obtuvo el mayor peso promedio del racimo ($11,9 \pm 0,81$ kg) y el mayor número de dedos ($28,05 \pm 0,84$) y manos ($5,61 \pm 0,15$) por racimo, superando a los otros tratamientos en términos de productividad. En el desarrollo agronómico, el biol también destacó, logrando la mayor altura de planta ($4,04 \pm 0,05$ m), el mayor diámetro del tallo ($65,01 \pm 1,64$ cm), y el mayor número de hojas a la floración (9) y a la cosecha (3), lo cual sugiere un crecimiento estructural robusto. El uso de biol como biofertilizante demostró ser la opción más eficaz en cuanto a comportamiento productivo y agronómico, al incrementar el rendimiento y mejorar la estructura de la planta. Estos hallazgos posicionan al biol como una alternativa sostenible y prometedora para optimizar la productividad del cultivo de plátano en esta región.

Palabras claves: Asociación simbiótica, plantas adaptadas, calidad de plantas, crecimiento.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on plantain (*Musa AAB*) production in Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. A randomized complete block design (RCBD) was used with five treatments (T1: NPK, T2: AMF + Phosphorus, T3: AMF, T4: AMF + Organic Matter, and T5: Biol) and five replications, in an experimental area of 1650 m². The 25 plots, with a planting spacing of 3 x 2 m, included 275 plants, of which five were evaluated in each plot to analyze growth and productivity. The results showed that the biol treatment obtained the highest average bunch weight (11.9 ± 0.81 kg) and the highest number of fingers (28.05 ± 0.84) and hands (5.61 ± 0.15) per bunch, surpassing the other treatments in terms of productivity. In agronomic development, biol also stood out, achieving the greatest plant height (4.04 ± 0.05 m), the greatest stem diameter (65.01 ± 1.64 cm), and the greatest number of leaves at flowering (9) and harvest (3), suggesting robust structural growth. The use of biol as a biofertilizer proved to be the most effective option in terms of productive and agronomic performance, increasing yield and improving plant structure. These findings position biol as a sustainable and promising alternative to optimize banana crop productivity in this region.

Keywords: Symbiotic association, adapted plants, plant quality, growth

INTRODUCCIÓN

Los plátanos y bananos (*Musa* spp.) son cultivos esenciales en las zonas tropicales y subtropicales de América Latina, Asia y África, regiones caracterizadas por altas temperaturas y humedad relativa (Vivas-Cedeño et al., 2018a). La mayor parte de la producción mundial de plátano está destinada al consumo interno de los países productores, mientras que solo una pequeña fracción se destina a los mercados internacionales (Ramos Agüero et al., 2016). En 2011, la producción mundial de plátano alcanzó casi 38 millones de toneladas métricas, de las cuales el 25 % provino de América Latina (Socorro et al., 2021).

Entre los principales productores de este continente se destacan Colombia, Perú, Cuba, Ecuador, República Dominicana, Bolivia, Venezuela y Honduras (Vivas-Cedeño et al., 2018a). El crecimiento económico de Ecuador experimentó un impulso significativo debido a la producción de plátano en la región costa, el país cuenta con condiciones climáticas excepcionales que favorecen el desarrollo y la producción continua de este cultivo durante todo el año, gracias a las lluvias que proporcionan la humedad necesaria para su desarrollo óptimo (PROECUADOR, 2015).

A nivel nacional, el plátano se ubica en el cuarto lugar entre los cultivos con mayor superficie sembrada, con 110,110 ha⁻¹ y una producción anual de 610,413 t, lo que representa una productividad de 5,54 t ha⁻¹ (INEC., 2016). El cultivo del plátano, además de estar profundamente vinculado a las tradiciones culturales, juega un rol estratégico en la economía de Ecuador (Sepúlveda et al., 2017). Su producción no solo asegura la seguridad alimentaria de las comunidades locales, sino que también actúa como un motor clave para el desarrollo socioeconómico al generar empleo y mejorar las condiciones de vida de los agricultores y sus familias (Morales et al., 2020).

Asimismo, el cultivo del plátano contribuye significativamente a las exportaciones agrícolas del país, lo que refuerza su relevancia en la balanza comercial y su impacto en la estabilidad económica de las zonas rurales (Avellán-Vásquez et al., 2020). El cultivo del plátano barraganete requiere un adecuado suministro de nutrientes para lograr un desarrollo óptimo, como complemento a la fertilización mineral, los abonos orgánicos ofrecen una alternativa sostenible, ya que aportan altos niveles de materia orgánica y nutrientes esenciales para las plantas (Barrera-Violeth et al., 2012).

Su correcta aplicación en el suelo contribuye a mejorar la capacidad de intercambio iónico, la retención de humedad y el pH del suelo, se conoce que las propiedades físicas del suelo se

ven favorecidas con los abonos orgánicos, ya que mejoran la infiltración del agua, la estructura y la conductividad hidráulica, y reducen la densidad aparente y la tasa de evaporación, lo que permite un manejo más eficiente de los recursos hídricos (INEC, 2016). Estas mejoras no solo optimizan el crecimiento del plátano, sino que también aumentan la productividad y la eficiencia en el uso de los nutrientes disponibles en el suelo (Bernal-Monterrosa y Cabrales-Herrera, 2022).

Paralelamente, el uso de micorrizas, hongos simbióticos presentes en el suelo, potencia la eficiencia del cultivo, estos hongos establecen una relación mutualista con las raíces de las plantas, facilitando la absorción de nutrientes esenciales, como el fósforo, y aumentando la resistencia del plátano a plagas, enfermedades, sequía y salinidad (Usuga-Osorio et al., 2008). Además de ser una opción más económica en comparación con la dependencia exclusiva de fertilizantes químicos, el uso de micorrizas mejora la sostenibilidad ambiental y productiva del sistema agrícola, al reducir el uso de insumos externos y asegurar un mayor rendimiento del cultivo (Kashyap et al., 2019).

El uso de micorrizas en la producción de plátano es particularmente ventajoso durante las primeras etapas de crecimiento, ya que promueven un desarrollo más vigoroso y una mejor adaptabilidad a las condiciones ambientales (Martínez et al., 2016). La implementación de camas enraizadoras para estimular la producción de raíces en los cormos antes de la siembra definitiva facilita una colonización temprana por los hongos micorrícicos, asegurando una simbiosis efectiva desde el inicio del ciclo de cultivo (Monterrosa y Herrera, 2022).

Esta técnica contribuye a una mayor absorción de nutrientes y, por ende, a un incremento en la productividad del plátano (Kashyap et al., 2019). El uso de micorrizas no solo optimiza la absorción de nutrientes y el manejo eficiente del agua, sino que también refuerza la resiliencia del cultivo frente a condiciones adversas (Medina, 2003).

Esta estrategia agroecológica promueve una producción más sostenible, con menor dependencia de insumos químicos, lo que mejora la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema productivo de plátano. Evaluar la influencia de los hongos micorrícicos arbusculares en el desarrollo y productividad del plátano barraganete (*Musa* sp.) representa una oportunidad valiosa para optimizar las prácticas agrícolas y maximizar los beneficios tanto económicos como ambientales del cultivo.

i) Problema científico

El cultivo de plátano barraganete (*Musa* sp.) es fundamental para la economía y seguridad alimentaria de Ecuador, particularmente en las zonas rurales, donde genera empleo y contribuye

al desarrollo socioeconómico. A pesar de la importancia de este cultivo, su productividad puede verse limitada por la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de las plantas para absorberlos de manera eficiente. En este contexto, los hongos micorrízicos arbusculares han surgido como una estrategia prometedora para mejorar la nutrición del cultivo, al establecer relaciones simbióticas que facilitan la absorción de nutrientes, incrementan la resistencia del plátano a plagas y enfermedades, y aumentan su tolerancia a condiciones adversas como la sequía y la salinidad.

¿Cómo influye el uso de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo y la productividad del plátano barraganete (*Musa* sp.) en un sistema de producción sostenible?

ii) Objetivo general

- Evaluar el efecto hongos micorrízicos arbusculares en la producción de plátano (*Musa* AAB) en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

iii) Objetivos específicos

- Evaluar qué tratamiento presenta el mejor comportamiento productivo en el cultivo de plátano (*Musa* AAB) en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Determinar cuál de los tratamientos utilizados exhibe un mejor comportamiento agronómico en términos de desarrollo de planta y características del racimo en el cultivo de plátano en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

iv) Hipótesis

El uso de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de plátano (*Musa* AAB) en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, mejora significativamente la producción, al incrementar la absorción de nutrientes y aumentar la resiliencia del cultivo.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Origen genómico y cromosómico de las de *Musáceas*

Caicedo-Arana (2015), clasificó el género *Musa* en cinco grupos principales, destacando dos especies fundamentales: *Musa acuminata*, portadora del genoma A, y *Musa balbisiana*, que contiene el genoma B. Esta distinción genómica ha permitido la formación de múltiples combinaciones cromosómicas, lo que ha dado lugar a especies con diferentes niveles de ploidía (Giraldo et al., 2011). Dependiendo de la combinación genómica, es posible encontrar especies diploides (AA y AB), triploides (AAA, AAB, ABB) y tetraploides (AAAA, AAAB, AABB) (Nadal-Medina et al. (2009).

Tabla 1. Cultivares de *Musáceas*, en función de las consideraciones cromosómicas, Genómicas y Subgrupales

Ploidía	Cultivares	Genoma	Subgrupo
Diploide 2n=2X=22	Bocadillo común	AA	<i>Sucrier</i>
	GAEP-1	AB	<i>Sucrier</i>
	<i>Musa balbisiana</i> Tani	BB	<i>M. Balbisiana</i>
Triploide 3n=3X=33	Cavendish	AAA	Gros Michel
	Dominico Hartón	AAB	Plantain
	Cachaco común	ABB	Bluggoe
Tetraploide 4n=4X=44	FHIA-17	AAAA	Híbrido
	FHIA-01	AAAB	Híbrido
	GAEP-2	AABR	Híbrido

Fuente: tomado de Caicedo-Arana (2015).

La variabilidad cromosómica resulta fundamental para la generación de diversas variedades y cultivares de plátanos y bananos, ya que cada uno presenta características específicas y adaptaciones particulares según la región donde se cultiva (Giraldo et al., 2011). Esta diversidad genética proporciona resistencia, mayor rendimiento y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que asegura el éxito y sostenibilidad del cultivo en diversas zonas (Giraldo et al., 2011).

1.1.1 Origen geográfico del plátano (*Musa AAB*)

El origen de las musáceas se localiza en el archipiélago Malayo, destacándose Papúa Nueva Guinea como una región de gran importancia en el surgimiento de estas plantas (Álvarez-Naranjo et al., 2017). Situado en el sudeste asiático, este archipiélago es un punto clave en la evolución y diversificación de las musáceas, que incluyen tanto plátanos como bananos. A

partir de esta zona, las musáceas se han distribuido y cultivado en diversas regiones del mundo, adaptándose eficazmente a diferentes condiciones climáticas y edáficas (Caicedo-Arana, 2015).

El plátano es el fruto de mayor producción y exportación a nivel mundial, superando a otras frutas como la manzana, uva, naranja y melón. Su cultivo se extiende a más de 150 países en los cinco continentes, especialmente en zonas tropicales y subtropicales (Alvarez-Naranjo et al., 2017). En este contexto, Latinoamérica y el Caribe se destacan como las principales regiones productoras, contribuyendo significativamente a la producción global de musáceas (Vivas-Cedeño et al., 2022).

1.1.2 Origen botánico del plátano (*Musa* AAB)

Botánicamente, es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia de las musáceas. Está compuesta por un cormo o tallo subterráneo donde se localizan las raíces y las yemas laterales (hijos), así como las vainas (pecíolos) de las hojas (Avellán-Vásquez et al., 2020). Los pecíolos se disponen en espiral alrededor del cormo, formando el pseudotallo, a través del cual crecen los ejes florales (inflorescencia) (Merchán-Sánchez, 2020).

1.2 Clasificación taxonómica del plátano (*Musa* AAB)

Tabla 2. Clasificación taxonómica del plátano barraganete (*Musa* AAB)

Clasificación	Taxonomía
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Franqueahionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Subfamilia	<i>Musoideae</i>
Género	<i>Musa</i>
Secciones	<i>EuMusa</i>
Especies	<i>Musa acuminata, cruces interespecíficos, Musa balbisiana</i>

Fuente: tomado de Vivas-Cedeño et al., (2022).

1.3 Condiciones edafoclimáticas del cultivo de *Musa* AAB

El plátano, debido a su morfología y la alta hidratación de sus tejidos, requiere una cantidad considerable de agua disponible en el suelo para su correcto crecimiento y desarrollo (Cayón et al., 1995). Esta necesidad se deriva de su extensa superficie foliar, que genera una alta tasa de transpiración, haciéndolo más demandante en términos de agua en comparación con otras especies (Martínez, 1984).

La falta de agua afecta al plátano a lo largo de todo su ciclo de vida, pero es particularmente crítica durante las primeras etapas del período vegetativo, así como en las fases de floración y formación del racimo (Ongley, 1997).

Tabla 3. *Caracterización de factores climáticos para cultivar de Musa AAB*

Caracterización	Especificaciones
Clima	Tropical húmedo
Temperatura	18,5°C a 35,5°C.
Pluviosidad	120 mm mensual o 44 mm semanales
Luminosidad	1 000 a 1 500 horas luz al año
Viento	No mayores a 30 km/h
Humedad	Menor al 80 %
Altitud	0 a 300 m

Fuente: adaptada de Belalcázar (1991).

1.4 Fenología de la Planta de Plátano

1.4.1 Fase vegetativa (crecimiento)

Esta fase se extiende desde la siembra hasta la aparición de la inflorescencia, con una duración que varía entre 6,5 y 7,5 meses, dependiendo de las condiciones de cultivo (InfoAgro, 2008).

1.4.2 Fase reproductiva (floración)

Comprende desde la emisión de la inflorescencia hasta la formación del último cojín de flores masculinas. Aunque la duración de esta fase es relativamente constante, tiende a prolongarse con el aumento de la altitud, generalmente dentro de un rango de 10 a 15 días (Smith et al., 2010).

1.4.3 Fase Productiva (Llenado o Madurez del Racimo)

Se inicia con la aparición del último cojín de flores masculinas y se extiende hasta la cosecha del racimo (InfoAgro, 2008).

1.4.4 Fase de Sucesión (Retorno de la Producción)

De manera simultánea al desarrollo de la planta madre, se observa el crecimiento del retoño o hijo primario. Este inicia su fase reproductiva aproximadamente 2,5 a 3 meses después de la cosecha de la planta madre y puede cosecharse entre 5,5 y 6,0 meses después. Este ciclo continuo destaca la dinámica de producción constante en las plantaciones de plátano (Marcelino et al., 2012).

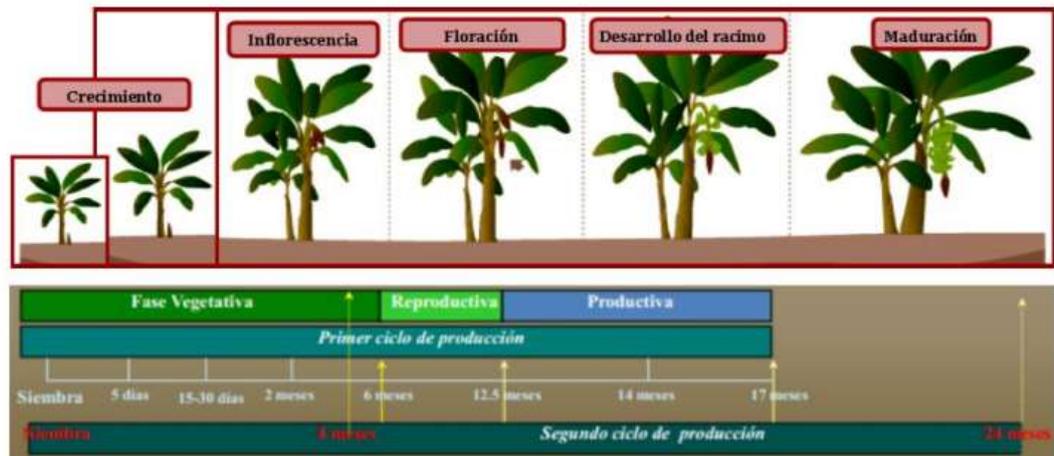


Figura 1. Descripción ciclo productivo del plátano barraganete

Fuente. Tomada de Belalcázar (1991)

1.5 Ecofisiología y producción del plátano barraganete

El conocimiento sobre la fisiología de las plantas, incluyendo los factores internos y externos que influyen en su desarrollo, es fundamental para mejorar el rendimiento y la productividad de los cultivos (Cayón et al., 1995). Esto permite una aplicación eficiente de nutrientes, optimizando los recursos sin generar gastos innecesarios (Avellán et al., 2015).

Según Vivas et al. (2017), la correcta aplicación de fertilizantes, con recomendaciones y dosis específicas, maximiza el potencial productivo del plátano barraganete, evitando así altos costos de producción y reduciendo el desgaste del suelo. El éxito en la producción de un cultivo depende en gran medida de cómo se maneja su nutrición, es esencial satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas para alcanzar altos niveles de rendimiento, lo que se traduce en beneficios económicos para los agricultores (Almeida y García Vélez, 2023).

En 2013, la producción agrícola mostró un aumento en sus indicadores, reflejado tanto en el mercado interno como en el externo, las exportaciones agrícolas crecieron y los productores tradicionales incrementaron sus cosechas (InfoAgro, 2008). El plátano, debido a su alta demanda, se ha consolidado como un cultivo clave que sostiene la socioeconomía y la seguridad alimentaria del país, este cultivo genera tanto empleo estable como temporal, y proporciona alimentos ricos en energía, beneficiando a gran parte de la población rural (Alvarado et al., 2021)

1.6 Demanda nutricional del cultivo del plátano barraganete

Los requerimientos nutricionales del plátano barraganete se determinan a partir del análisis integral de la planta y una evaluación de su crecimiento, dada la rápida y continua expansión

de las musáceas y el control eficiente de su sistema radicular, es crucial proporcionar una cantidad sustancial de nutrientes en el momento adecuado (Avellán-Vásquez et al., 2020). Durante los primeros dos meses, el consumo de nitrógeno es bajo, lo que se manifiesta en un color verde pálido en la planta y la aparición de un tono rosado en las vainas (Combatt-Caballero et al., 2012).

El fósforo es un nutriente clave para este cultivo, ya que su deficiencia provoca un desarrollo lento y clorosis en las hojas más antiguas, la absorción de fósforo ocurre principalmente en los primeros dos a cinco meses de vida del cultivo, mientras que el potasio es especialmente necesario durante la etapa de floración (Vivas-Cedeño et al., 2018).

El Manejo Fisionutricional (MFN) resulta fundamental para mantener un equilibrio adecuado entre los nutrientes y las hormonas en las estructuras internas de la planta (J. J. Delgado, 2022). Este manejo optimiza su fisiología, permitiendo que el cultivo aproveche eficientemente los recursos disponibles, tales como agua, luz, temperatura, nutrientes y suelo (Cedeño, 2013).

De esta forma, se logra un alto rendimiento, mejor calidad y un porcentaje elevado de producción, contribuyendo a satisfacer las demandas nutricionales de la planta de manera ordenada y eficiente (Cedeño-Zambrano et al., 2022).

Tabla 4. Medición de la eficiencia agronómica y el factor parcial de productividad del N, P₂O₅ y K₂O del plátano Musa AAB, en diferentes zonas del El Carmen Manabí

Kg ha ⁻¹	Dosis	Sumita		Las Palmitas		La Raíz	
		EA	FPP	EA	FPP	EA	FPP
N	150	29	142	10	97	-7	89
	300	2	50	9	53	8	56
P ₂ O ₅	60	116	310	48	241	-11	222
	120	54	151	14	111	-1	115
K ₂ O	200	12	93	3	72	6	66
	400	3	43	-3	32	12	42

Fuente: tomado de Vivas-Cedeño et al. (2018).

1.6.1 Nutrientes esenciales y fertilización en el cultivo de plátano

El cultivo de plátano responde notablemente al aporte de nitrógeno, potasio y azufre (Caballero et al., 2004). Según Espinosa y Mite, (2008), la eficiencia en el uso de los nutrientes se refiere a cómo la planta o el sistema de producción aprovechan los nutrientes disponibles para incrementar su rendimiento. En este contexto, el nitrógeno (N) y el potasio (K) son los elementos de mayor demanda y pueden ser factores limitantes para el desarrollo del cultivo. Se estima que la extracción de potasio puede alcanzar hasta 1,03 kg por planta (Caballero et al., 2004).

Un aspecto destacado es el retorno de nutrientes al suelo, del potasio absorbido y almacenado en raíces, cormo, pseudotallo y hojas, entre el 85% y el 90% regresa al suelo, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema (González et al., 2006). En general, el retorno de nutrientes en el cultivo de plátano oscila entre el 74% y el 78% (Espinosa y Mite, 2008)

La absorción de nutrientes es lenta desde el inicio de la brotación hasta la aparición de la hoja número 16. A partir de esta hoja, se observa un incremento notable en la acumulación y exportación de nutrientes, coincidiendo con el desarrollo de los retoños y previo a la aparición de la inflorescencia (González et al., 2006). En términos prácticos, la mayor absorción de nutrientes ocurre entre el desarrollo de la hoja 16 y el momento en que la inflorescencia se hace visible (Avellán-Vásquez et al., 2020).

1.6.1.1 Fósforo (P)

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para el desarrollo de las plantas, siendo fundamental en procesos bioquímicos como la transferencia y el almacenamiento de energía (Nebiyu et al., 2016). La deficiencia de fósforo se manifiesta en un crecimiento lento y un desarrollo inicial reducido en los cultivos, la principal fuente de fósforo en los sistemas agroecosistémicos proviene de los fertilizantes fosfatados, que al disolverse en agua, interactúan con los componentes del suelo para formar compuestos menos solubles (Correa-González et al., 2019).

Solo entre el 10% y 30% del fósforo aplicado es absorbido por las plantas en el primer ciclo de cultivo, mientras que el resto permanece en el suelo, potencialmente disponible para cultivos futuros, aunque con una eficacia decreciente a lo largo del tiempo (Avellán-Vásquez et al., 2020).

1.6.1.2 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es fundamental para el crecimiento vegetativo de la planta, ya que interviene directamente en la producción de proteínas y clorofila, promoviendo una fotosíntesis eficiente y el desarrollo adecuado de hojas y pseudotallo (J. Hernández et al., 2009). Durante las primeras etapas del ciclo del plátano, una correcta disponibilidad de nitrógeno favorece un crecimiento vigoroso y una formación rápida del pseudotallo, que sostiene la estructura de la planta y prepara el camino para una producción óptima de racimos (Quintana, 2018).

1.6.1.3 Potasio (K)

El potasio desempeña un papel vital en la fase reproductiva y en la maduración de los frutos (González et al., 2006). Este nutriente regula el equilibrio hídrico de la planta y mejora su

resistencia ante condiciones de estrés hídrico, facilitando la distribución de azúcares necesarios para el llenado de los frutos (Hernández et al., 2009). Durante la formación y maduración del racimo, el potasio asegura frutos más grandes, uniformes y de mejor calidad (Vivas-Cedeño et al., 2018).

Además, contribuye a la resistencia de la planta frente a plagas y enfermedades, lo que aumenta la durabilidad y calidad del plátano, un aporte adecuado de potasio en el suelo es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo y una maduración completa de los frutos (Avellán-Vásquez et al., 2020).

1.7 Producción de plátano en Ecuador

La región costera de Ecuador sobresale como la principal área de cultivo de plátano en el país, con el 90% de la producción concentrada en esta zona, lo que la convierte en la más importante a nivel nacional (Vivas-Cedeño et al., 2022). Cabe señalar que la producción se distribuye por casi toda la región, con la excepción de algunas áreas áridas ubicadas en Guayas, El Oro y Manabí (Merchán-Sánchez, 2020).

Tabla 5. *Superficie de Cultivo y Volumen de Ventas de Plátano en Ecuador*

Región y Provincia	Plantada	Cosechada	Producción (tonelada métrica)	Ventas (tonelada métrica)
Total Nacional	128,861	112,045	763,455	680,161
Región Sierra	30,810	26,414	170,229	155,690
Región Costa	78,509	68,995	520,560	476,416
Región Amazónica	19,542	16,636	72,666	48,055

Fuente: Merchán-Sánchez (2020).

Entre estas localidades, El Carmen se distingue por su producción de plátano Barraganete, con una extensión de aproximadamente 25,000 hectáreas en suelos similares desde el punto de vista físico, aunque con un relieve accidentado (Merchán-Sánchez, 2020).

Dentro de esta región, las ciudades de Quevedo, Santo Domingo y El Carmen conforman el triángulo productivo más relevante (López-Mejía et al., 2022). Estas áreas presentan altitudes que oscilan entre 80 y 600 metros sobre el nivel del mar, lluvias prolongadas de enero a junio y suelos profundos de textura suelta (Vivas-Cedeño et al., 2022).

1.8 Principales plagas en el cultivo de plátano

Tabla 6. *Principales Plagas y Enfermedades que afectan al cultivo de plátano Barraganete*

Fuente: tomado de ^(a) Noblecilla et al. (2018); ^(b) Poveda-Vega et al., (2013); (Stover, 2020)^(c)

Nombre Común	Nombre Científico	Área que afecta	Tipo de daño	Control
Sigatoka negra ^(a)	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> <i>Morelet</i>	Foliar	Disminución de hojas	Fungicidas.
Mal de Panamá ^(b)	<i>Fusarium oxysporum cubense</i>	Raíces, sistema vascular	Raíces, sistema vascular Atraso desarrollo frutos, maduración prematura.	No tiene tratamiento.
Moko ^(c)	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Racimo		Cultural.
Picudo negro ^(c)	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Rizoma	Perforación.	Trampas (feromonas, atrayentes). Nematicidas o Enemigos biológicos
Picudo rayado ^(b)	<i>Matamasius hemipterus</i>	Rizoma	Perforación.	(<i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i>). Trampa elaborada a partir de restos de pseudotallo aplicando (<i>Beauveria bassiana</i>).
Picudo amarillo ^(a)	<i>Metamasius hebetatus</i>	Rizoma	Perforación.	Trampa de luz.
Cucarrón ^(b)	<i>Eutheola bidentata</i> y <i>Dyscynetus spp</i> <i>Helicotylenchus</i>	Pseudotallo	Perforación.	
Nematodos ^(a)	<i>multicintus</i> y <i>Radopholus similis</i>	Raíz	Alimentación de la raíz.	Drenaje, saneo de semillas.
Gusano peludo ^(a)	<i>Ceramidia sp.</i>	Foliar	Perforación de la nervadura.	Desguasque.
Gusano monturita ^(c)	<i>Subine spp</i>	Foliar	Perforación hoja.	Enemigos naturales, insecticida.
Colaspis ^(c)	<i>Colaspis sp</i>	Fruta	Alimentación de la fruta.	Embolse o enfunde de racimo.

1.9 Definición, clasificación y diferencias de las micorrizas

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre las raíces de las plantas y ciertos hongos (González-Chávez et al., 2004). El término "micorriza" deriva del griego "mico" (hongo) y "rriza" (raíz), y describe una relación en la cual ambos organismos se benefician mutuamente (Camarena-Gutiérrez, 2012). Las plantas obtienen nutrientes esenciales para su desarrollo, mientras que el hongo recibe carbohidratos producidos por la planta, esta simbiosis es de gran importancia, ya que se presenta en la mayoría de las plantas vasculares (Berdugo, 2009). Las micorrizas tienen la capacidad de absorber y transportar nutrientes como fósforo, zinc, manganeso y cobre, esenciales para el crecimiento vegetal, mientras que los hongos se benefician al obtener carbohidratos de la planta hospedante

(González-Chávez et al., 2004).

1.9.1 Clasificación de las micorrizas

Las micorrizas se clasifican principalmente en dos tipos según su estructura, morfología y el modo en que infectan la raíz: las ectomicorrizas y las endomicorrizas (Berdugo, 2009). Estas últimas se subdividen en varios subtipos: ectendomicorrizas, micorrizas arbutoides, monotropoides, ericoides, orquidáceas y arbusculares, siendo estas últimas las más comunes. Las micorrizas arbusculares (MA) pertenecen al orden *Glomales*. Dentro del suborden *Glomineae*, existen dos familias: *Glomaceae*, que incluye los géneros *Glomus* y *Sclerocystis*, y *Acaulosporaceae*, que abarca los géneros *Acaulospora* y *Entrophospora* (Morell et al., 2009).

1.9.2 Proceso de micorrización

El proceso de micorrización comienza con la germinación de las esporas del hongo, que emiten hifas (Lovera y Cuenca, 2007). Estas hifas crecen hasta encontrar y penetrar la raíz de la planta huésped, ya sea a través de la epidermis o de los pelos radicales, una vez dentro, las hifas se extienden entre las células de la raíz y pueden ingresar a las células del córtex, donde forman estructuras conocidas como arbusculos (González-Chávez et al., 2004).

Es en estos arbusculos donde se realiza el intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta (Lovera y Cuenca, 2007). Las hifas se desarrollan exclusivamente en la epidermis y el parénquima cortical, sin llegar a penetrar el endodermo o los tejidos vasculares, lo que las diferencia claramente de los hongos patógenos que invaden los tejidos vasculares y meristemáticos de la planta (Quiñones-Aguilar et al., 2012).

1.9.3 Generalidades sobre Micorrizas

Las micorrizas son una asociación simbiótica entre un hongo y una planta, aunque comúnmente esta relación se establece en las raíces, en algunos casos, como en las orquídeas y otras plantas aclorofílicas, que no poseen raíces verdaderas, la interacción ocurre en otros órganos de contacto (Pérez-Luna et al., 2012). Los hongos micorrícicos obtienen directamente de las plantas los azúcares necesarios para su crecimiento y, a cambio, transfieren nutrientes esenciales, agua y minerales desde el suelo hacia la planta hospedante, facilitando su desarrollo (López-Gómez et al., 2015).

El desarrollo sincronizado entre la planta y el hongo es crucial para que la simbiosis sea efectiva, las hifas del hongo colonizan exclusivamente raíces jóvenes (Lovera y Cuenca, 2007). La planta, por su parte, regula la intensidad de la simbiosis, ya sea a través del crecimiento de sus raíces o mediante el control de la interfase de intercambio en las endomicorrizas, o mediante

la formación de un tipo específico de raíz (secundaria y de crecimiento limitado) en el caso de las ectomicorrizas (Muñoz-Márquez et al., 2009).

1.9.4 Resistencia de las plantas frente a situaciones de estrés

- **Factores abióticos:** Las micorrizas mejoran la resistencia de las plantas frente a condiciones adversas como la falta de agua, la salinidad y la presencia de metales pesados en el suelo (Lovera y Cuenca, 2007).
- **Factores bióticos:** Contribuyen a mejorar la salud de la planta, equilibrar el aporte de nutrientes, promover la competencia beneficiosa en el suelo, y producir cambios anatómicos y morfológicos en las raíces. Además, modifican la actividad microbiana en la rizosfera y activan los mecanismos de defensa de la planta (Quiñones-Aguilar et al., 2012).

1.9.5 Micorriza arbuscular

La micorriza arbuscular es un tipo de endomicorriza en la que el hongo penetra en las células corticales de las raíces de una planta vascular, no debe confundirse con otros tipos de micorrizas, como las ectomicorrizas o las micorrizas ericoides (Morell et al., 2009).

Este tipo de asociación simbiótica, la más común entre los hongos y las plantas vasculares, permite que las hifas del hongo se ramifiquen dentro de las células de las raíces, creando una gran superficie de intercambio de nutrientes entre ambos organismos (López-Gómez et al., 2015). Las micorrizas arbusculares forman una relación mutuamente beneficiosa, donde las plantas proveen carbohidratos al hongo, mientras que este facilita la absorción de nutrientes como fósforo y agua desde el suelo (Muñoz-Márquez et al., 2009).

Se cree que esta simbiosis, perteneciente al filo *Glomeromycota*, permitió que las plantas verdes conquistaran ambientes terrestres hace aproximadamente 450 millones de años, y hoy en día la mayoría de las plantas terrestres mantienen esta asociación (Berdugo, 2009). A través de esta interacción, los hongos micorrícicos obtienen fuentes carbonadas de las plantas y, a cambio, favorecen la exploración del suelo, lo que incrementa la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, promoviendo su crecimiento y desarrollo (Lovera y Cuenca, 2007).

1.10 Biol

El Biol es un biofertilizante producido mediante un proceso de descomposición y fermentación aeróbica de diversos materiales orgánicos de origen animal y vegetal, combinados con minerales (Aliaga, 2007). Durante la fermentación, se generan dos subproductos: un residuo líquido y otro sólido. El líquido se emplea como abono foliar y actúa como un

preventivo natural contra plagas y enfermedades. Por su parte, el residuo sólido se incorpora directamente al suelo, mejorando sus propiedades (Restrepo, 2007).

1.10.1 Manejo en la elaboración del biol

El proceso de elaboración del Biol implica la descomposición biológica de los materiales utilizados (Aliaga, 2007). Es esencial permitir la liberación de los gases generados durante la fermentación para asegurar el éxito del proceso (Aliaga, 2007). Se recomienda que el recipiente cuente con un orificio en la tapa para facilitar la expulsión de estos gases (Suquilanda, 1996).

Una alternativa más efectiva es la instalación de una manguera cuyo extremo se sumerja en una botella de agua (Aliaga, 2007). Esto permite la salida de los gases y evita la entrada de oxígeno, lo que mejora el proceso de fermentación (Infante, 2011).

1.10.1.1 Preparación del biol

Según Suquilanda (1996), los siguientes pasos son recomendados para preparar el biol:

- a. No mezclar el estiércol con agua o tierra
- b. Incorporar una cantidad adecuada de estiércol, pudiendo usar también el rumen de los animales (Suquilanda, 1996).
- c. Añadir alfalfa u otra leguminosa picada dentro del tanque. Agregar el agua necesaria, dejando un espacio de 20 cm entre el nivel del agua y el borde del tanque (Suquilanda, 1996).
- d. Una vez añadidos todos los ingredientes, cubrir el tanque con plástico u otro material adecuado (Suquilanda, 1996).
- e. El tiempo de fermentación variará según las condiciones ambientales. Filtrar la mezcla con una tela fina para separar las partes líquidas y sólidas. Tras este proceso, el biol estará listo para ser utilizado (Suquilanda, 1996).

CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en fase de vivero bajo condiciones controladas, en el cantón El Carmen, Manabí. Se utilizaron diferentes dosis de sustrato enriquecido con

micorrizas, y las evaluaciones se realizaron durante 70 días. Los resultados mostraron que las variables altura de planta, número de hojas y diámetro del pseudotallo no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en el área foliar, peso de raíces, número de raíces y tasa de colonización. La dosis de 120 g de micorriza fue la que generó mayores respuestas positivas, y el uso de fertilizante fosforado mejoró el área foliar de la planta, se concluye que la aplicación de 120 g de inóculo micorrícico mostró un efecto positivo en el crecimiento radicular y la tasa de colonización en plántulas de plátano, mejorando aspectos clave del desarrollo vegetal, como el área foliar (Meza, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de la inoculación de cormos con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en camas enraizadoras con dos sustratos diferentes en la producción de plántulas de plátano Barraganete en El Carmen, Manabí. Se aplicaron tres dosis de HMA (15%, 25% y 35% del peso del cormo) en dos sustratos: arena + viruta de balsa, uno con humus y otro sin humus. Se evaluaron la supervivencia, el desarrollo morfológico, el número de esporas en el sustrato y la tasa de colonización de raíces a los dos meses en vivero. Los resultados mostraron diferencias significativas en la supervivencia y el desarrollo de las plántulas entre los tratamientos. Las dosis de 25% y 35% de HMA en el sustrato con humus ofrecieron los mejores resultados en supervivencia, altura de planta, diámetro del pseudotallo, número de hojas y área foliar. Además, estos tratamientos registraron el mayor número de esporas en los sustratos y la mayor tasa de colonización de micorrizas en las raíces. Las morfoespecies de micorrizas identificadas en el suelo pertenecen a los géneros *Glomus* y *Acaulospora* (Vivas-Cedeño et al., 2018).

El estudio evaluó la aclimatización de vitroplantas de banano cv. Willians utilizando sustratos de agroecosistemas bananeros inoculados con hongos micorrízicos arbusculares. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 24 tratamientos. Las variables evaluadas incluyeron longitud de raíz, altura de planta, número de hojas y contenido de clorofila, encontrándose diferencias significativas en todas ellas. Los sustratos orgánicos con micorrizas mostraron los mejores resultados, mejorando la adaptación de las plantas al trasplante. La inoculación con *Acaulospora* sp. y suelos orgánicos favoreció el crecimiento y la resistencia en campo. Las variables morfológicas evaluadas incluyeron la longitud de la raíz, altura de la planta, número de hojas y contenido de clorofila, donde se encontraron diferencias significativas para todas ellas. Los sustratos orgánicos inoculados con micorrizas mostraron los mejores resultados, con una longitud de raíz de 38,72 cm, altura de planta de 8,03 cm, número de hojas de 6,92 y contenido de clorofila de 42,75. Se concluye que la inoculación con hongos micorrízicos (*Acaulospora* sp.) y el uso de suelos orgánicos favorecen la adaptación de las plantas de banano, mejorando su tolerancia a las condiciones de campo tras el trasplante

(Castilo, 2022).

Se evaluó el efecto de la asociación entre Micorrizas y *Trichoderma* spp. en 216 plántulas de plátano (*Musa* ABB) durante su etapa de vivero, midiendo el crecimiento vegetativo. Se aplicaron 6 tratamientos y un testigo, observándose mayor actividad vegetativa en los tratamientos 1 (100g de Micorrizas y 50ml de *Trichoderma* spp.) y 5 (150g de Micorrizas y 75ml de *Trichoderma* spp.), con alturas promedio de 20,98 cm y 21 cm, respectivamente. En contraste, los tratamientos 3 y 6, con mayores dosis de *Trichoderma* spp., mostraron menores alturas. Esto sugiere un efecto antagónico a dosis elevadas de *Trichoderma* spp., que se estabiliza cuando las dosis de Micorrizas son mayores, confirmado mediante análisis microbiológicos (Loor, 2023).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la unidad experimental

El proyecto se desarrolló en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la localidad de Santo Domingo de los Colorados, específicamente en la Vía Quevedo, a 4 1/2 km, en el sector de La Aurora. Las coordenadas geográficas de la finca son X= 9968482,6; Y= 697579,4, con una altitud de 476 m sobre el nivel del mar, lo que proporciona condiciones agroclimáticas

adecuadas para el cultivo y desarrollo del estudio.



Figura 2. Ubicación y coordenadas de la zona del experimento

Fuente: tomado de Google Maps (2024).

3.2 Caracterización agroecológica de la zona

Tabla 7. Características agroecológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

3.3 Metodología

3.3.1 Método Teórico

3.3.1.1 Enfoque Analítico-Sintético

Este estudio empleó el enfoque analítico-sintético, el cual permitió desglosar la información relevante de investigaciones previas sobre la aplicación de Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) en la producción de plátano (*Musa AAB*) en El Carmen, Manabí, Ecuador (Corona-Lisboa, 2016). Este enfoque facilitó la integración de datos en una base científica sólida, proporcionando una comprensión profunda del tema, que sirvió como fundamento para el desarrollo de la investigación (Sarguera et al., 2024).

3.3.1.2 Enfoque Inductivo-Deductivo

La investigación adoptó una combinación de enfoques inductivo y deductivo, lo que permitió generar hipótesis a partir de las observaciones específicas y luego contrastarlas con los

datos obtenidos en el campo (Hidalgo, 2005). Este enfoque dual fue clave para formular conclusiones fundamentadas, que reflejaron tanto los conocimientos previos como los resultados obtenidos en la investigación sobre la eficacia de los HMA en el cultivo de plátano (Babbie, 1988).

3.3.1.3 Método Empírico

a. Recolección de Datos

Se utilizaron métodos para recolectar datos cualitativos y cuantitativos relacionados con el impacto de los HMA en las variables dependientes del estudio, como el crecimiento y rendimiento del plátano (*Musa* AAB) (Losa et al., 2015). Estos datos fueron esenciales para realizar análisis estadísticos y validar las hipótesis planteadas, permitiendo alcanzar los objetivos del estudio (Hidalgo, 2005).

b. Experimentación

La fase experimental siguió un riguroso protocolo de aplicación de los HMA en las plantas de plátano según lo estipulado en el diseño experimental. Las prácticas de manejo incluyeron la aplicación controlada de los HMA y el monitoreo continuo de su efecto sobre el crecimiento y productividad del cultivo de plátano en El Carmen, Manabí (Hidalgo, 2005). Los resultados obtenidos proporcionaron la base empírica necesaria para analizar y validar los efectos observados (Losa et al., 2015).

3.4 Variables

3.4.1 Variables independientes

- HMA
- Potasio (K)
- NPK (Nitrógeno, fosforo y potasio)

3.4.2 Variables dependientes

Datos de la floración

- Diámetro del tallo a 1 metro del suelo.
- Altura de la bellota.
- Número de hojas presentes en la floración o belloteo.

Datos poscosecha

- Número de hojas al momento de la cosecha.
- Peso del racimo.
- Número de dedos por racimo.
- Número de manos por racimo.
- Longitud de los dedos de la segunda mano.

3.5 Unidad Experimental

En este experimento, se utilizaron unidades experimentales que consistieron en 11 plantas por cada repetición. El diseño experimental empleado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), que incluyó 5 tratamientos y 5 repeticiones, lo que asegura que los tratamientos se distribuyan aleatoriamente dentro de cada bloque, minimizando el efecto de la variabilidad natural entre las parcelas.

3.6 Tratamientos

Tabla 8. Disposiciones de los tratamientos en los Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) en la producción de plátano (*Musa AAB*) El Carmen Manabí Ecuador

Tratamientos	Dosis	Descripción
T1	50 g	NPK
T2	200 g y 50 g	HMA + P
T3	200 g	HMA
T4	200 g	HMA + Materia Orgánica
T5	1 litros	Yambiol

3.7 Características de las unidades experimentales

La superficie de cada parcela se calcula considerando una distancia de 3 m entre las calles (filas) y 2 m entre cada planta en la misma fila. Dado que se siembran 11 plantas en cada parcela, la longitud total ocupada por las plantas es de 20 m, ya que hay 10 espacios entre las 11 plantas, cada uno de 2 m. Por lo tanto, la superficie total de cada parcela es de 60 m², resultante de multiplicar los 3 m de calle por los 20 m de longitud total ocupada por las plantas.

Tabla 9. Características de la unidad experimental

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	1,650 m ²
Numero de parcelas	25
Plantas por parcela	11 plantas
Plantas a evaluar	5 plantas

3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar los efectos de los diferentes tratamientos aplicados. Para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó la prueba de significancia de Tukey. Los datos recolectados se analizaron con el programa estadístico Infostat, versión 2021, permitiendo realizar las comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos y establecer cuáles presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 10. *Diseño de ADEVA en la evaluación de Hongos Micorrizicos Arbusculares en la producción de plátano (Musa AAB) El Carmen Manabí Ecuador*

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	24
Bloques	4
Genotipos	4
Error	16

3.9 Manejo del ensayo

La parcela fue sembrada el 8 de septiembre del 2023 con un total de 275 plantas, utilizando 5 tratamientos y 5 repeticiones. Se trabajó en un área total de 1650 m², con una siembra de 3 m de calle y 2 m entre plantas.

- El primer tratamiento consistió en la aplicación de NPK, utilizando el fertilizante triple 15 con una dosis de 50 g por planta, y se realizaron dos aplicaciones.
- En el segundo tratamiento, se inoculó fréjol con Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) y se aplicó 200 g por planta, además de 50 g de fosfato diamónico (12-40-0).
- El tercer tratamiento consistió en la aplicación de 200 g de suelo micorrizado (HMA) por planta.
- El cuarto tratamiento incluyó 200 g de suelo micorrizado inoculado con fréjol más 100 g de biochar por planta.
- En el quinto tratamiento, se utilizó Yambiol, aplicando 1 litro por bomba y se realizaron tres aplicaciones.

El manejo del ensayo incluyó un deshoje realizado aproximadamente cada mes y medio, lo que resultó en un promedio de cinco deshojes hasta que apareció la bellota. Además, se realizó

una única aplicación de Benfurool (50 ml por bomba) para controlar nemátodos y picudo. El colón se mantuvo cortado hasta el séptimo mes.

3.9.1 Toma de datos en la floración

Medición del diámetro del tallo: Se midió el diámetro del tallo a 1 metro de altura desde el suelo, utilizando un calibrador para obtener valores precisos en centímetros. Esta medición permitió evaluar la robustez de la planta y su capacidad de sostén para el racimo.

Registro de la altura de la bellota: Se registró la altura de la bellota desde la base del tallo hasta el punto de inserción de la inflorescencia. Esta altura se midió con una cinta métrica, y los datos obtenidos se utilizaron para evaluar el desarrollo vertical de la planta y su relación con el peso del racimo.

Conteo del número de hojas hasta la floración: Se contabilizó el número de hojas presentes en la planta hasta el momento de la floración. Este conteo permitió estimar el potencial fotosintético y el desarrollo foliar previo a la producción del racimo.

3.9.2 Toma de Datos en la Poscosecha

Conteo del número de hojas en la cosecha: En el momento de la cosecha, se contabilizó el número de hojas activas presentes en la planta. Este parámetro es importante para evaluar la capacidad de la planta de sostener el racimo y su eficiencia en términos de fotosíntesis en la fase final del ciclo productivo.

Registro del peso del racimo: Se registró el peso total del racimo utilizando una balanza de precisión. Esta variable es fundamental para determinar el rendimiento productivo y la efectividad de los tratamientos aplicados.

Conteo del número de dedos y de manos: Se contabilizó el número total de manos y de dedos en el racimo. Este conteo es relevante para evaluar la calidad y productividad del racimo, así como para establecer comparaciones entre tratamientos.

Medición de la longitud de los dedos en la segunda mano: Se midió la longitud de los dedos en la segunda mano del racimo, expresada en pulgadas, utilizando una regla o cinta métrica. Este parámetro permitió evaluar la uniformidad y calidad de los frutos dentro del racimo.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos en la investigación que evaluó el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en la producción de plátano (*Musa AAB*) en El Carmen, Manabí, Ecuador.

4.1 Diámetro del pseudotallo (cm) a la floración en el cultivo de plátano (*Musa AAB*)

En el análisis del diámetro del pseudotallo en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) durante la floración, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de 0,0262, lo cual indica que los tratamientos evaluados afectaron de manera diferenciada el grosor del tallo. El coeficiente de variación (CV) fue de 14,21 %, lo que refleja una variabilidad moderada en los datos obtenidos.

Entre los tratamientos, el tratamiento T5 (BIOL) presentó el mayor diámetro del tallo, con un promedio de 65,01 cm, destacándose como el tratamiento más efectivo en cuanto al desarrollo del tallo. Por otro lado, el tratamiento T1 (NPK) mostró el menor diámetro del tallo, con un promedio de 59,36 cm (Tabla 11).

Tabla 11. Diámetro del pseudotallo (cm) a la floración del cultivo de *Musa AAB*

Tratamientos	Diámetro del pseudotallo (cm)	
T5 (BIOL)	65,01 ± 1,64	a
T4 (HMA+MO)	61,65 ± 1,64	a b
T3 (HMA)	60,53 ± 1,64	a b
T2 (HMA+P)	60,12 ± 1,64	a b
T1 (NPK)	59,36 ± 1,64	b
CV (%)		14,21
P valor		0,0262

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

Delgado et al. (2008) encontró que, en el cultivo de plátano Hartón (AAB), una distancia de siembra de 3x3 m (con una densidad de 1,111 plantas por hectárea) y la aplicación de biol resultaron en un diámetro de tallo de 55,9 cm. A una mayor densidad de siembra (2x2 m, con 2,500 plantas por hectárea) y también con aplicación de biol, se obtuvo un diámetro de tallo de 58,8 cm.

Estos valores son comparables a los obtenidos en el presente estudio, donde el tratamiento con biol (T5) alcanzó un diámetro promedio de 65,01 cm en el pseudotallo de *Musa AAB*. Esto sugiere que la aplicación de biol puede ser efectiva para promover un mayor desarrollo del tallo, incluso en diferentes distancias de siembra.

El biol, al ser un biofertilizante elaborado a partir de la fermentación de materia orgánica, contiene una alta concentración de nutrientes, microorganismos beneficiosos y compuestos bioactivos que favorecen la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Aliaga, 2007).

Estos componentes estimulan el desarrollo de la planta al mejorar la estructura del suelo y facilitar la absorción de elementos clave como nitrógeno, fósforo y potasio, además de incrementar la actividad microbiológica en la rizosfera (Álava, 2015). Como resultado, las plantas tratadas con biol tienden a desarrollar tallos más gruesos y vigorosos, lo que proporciona una mejor capacidad de soporte para el racimo y un mayor potencial productivo en el cultivo de plátano (Abud et al., 2008).

4.2 Altura de la planta a la floración en el cultivo de plátano (*Musa AAB*)

la altura de la planta a la floración en el cultivo de plátano (*Musa AAB*), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de 0,0016, lo cual indica que los tratamientos influyeron de manera diferente en la altura de las plantas. El coeficiente de variación (CV) fue de 12,7 %, reflejando una variabilidad moderada en las alturas registradas. Entre los tratamientos, el tratamiento T5 (BIOL) alcanzó la mayor altura de planta, con un promedio de 4,04 m, lo que sugiere que el uso de biol favoreció un mayor desarrollo vertical de la planta. En contraste, el tratamiento T1 (NPK) presentó la menor altura, con un promedio de 3,77 m (Tabla 12).

Estos resultados destacan la efectividad del biol (T5) en promover el crecimiento en altura de las plantas de plátano, posiblemente debido a la disponibilidad de nutrientes y microorganismos beneficiosos que mejoran la absorción de elementos esenciales y estimulan el desarrollo general de la planta.

Tabla 12. *Altura de la planta (m) a la floración del cultivo de Musa AAB*

Tratamientos	Altura de la planta a la floración (m)		
T5 (BIOL)	4,04 ± 0,05	a	
T4 (HMA+MO)	3,99± 0,05	a	b
T3 (HMA)	3,82 ± 0,05		b c
T2 (HMA+P)	3,78 ± 0,05		c
T1 (NPK)	3,77 ± 0,05		c
CV (%)			12,7
P valor			0,0016

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

Delgado et al. (2008) encontraron que la altura de la planta a la floración en plátanos fertilizados con biol y sembrados a una distancia de 3x3 m (1,111 plantas por hectárea) fue de 3,88 m. Este valor es inferior al obtenido en el presente estudio, donde la altura promedio de las plantas tratadas con biol (T5) fue de 4,04 m.

Esta diferencia podría atribuirse a factores como la variabilidad en las condiciones edafoclimáticas, la composición del biol aplicado o las prácticas de manejo específicas del cultivo (Abud et al., 2008). La mayor altura observada en este estudio sugiere que el biol aplicado en estas condiciones podría haber ofrecido una mayor disponibilidad de nutrientes o un ambiente más favorable para el crecimiento, promoviendo un desarrollo estructural superior (Aliaga, 2007).

4.3 Número de hojas a la floración y a la cosecha en el cultivo de plátano (*Musa AAB*)

En la variable número de hojas a la cosecha, se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un p-valor de 0,3158 y un coeficiente de variación de 7,93 %. Sin embargo, cabe destacar que el tratamiento T5 (BIOL) es el único que alcanza un promedio de $3,0 \pm 0,09$ hojas en la cosecha, diferenciándose ligeramente de los demás tratamientos (Anexo 1).

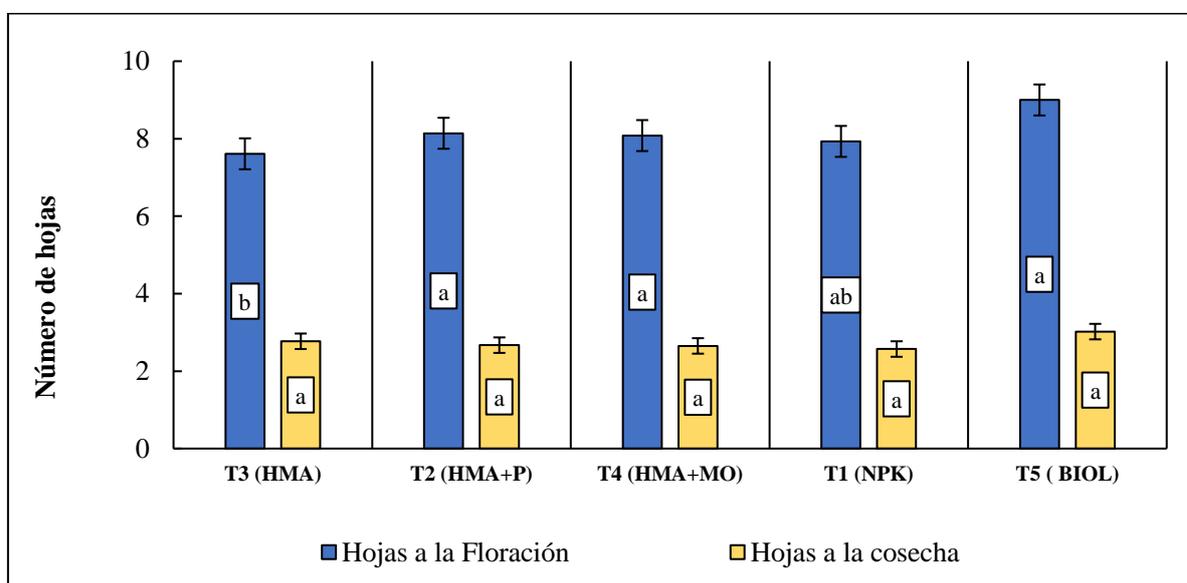


Figura 3. Evaluación del número de hojas a la floración y cosecha en el cultivo de *Musa AAB* mediante el uso de hongos micorrízicos arbusculares.

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

En cuanto a la variable número de hojas a la floración, se encontraron diferencias

significativas entre los tratamientos, con un p-valor de 0,0421 y un coeficiente de variación de 16,23 %. Sobresale el tratamiento T5 (BIOL), que alcanzó un promedio de $9 \pm 0,22$ hojas a la floración, mientras que el tratamiento T1 (NPK) fue el más bajo, con un promedio de 7,93 hojas. Esto indica que el uso de biofertilizantes podría favorecer un mayor desarrollo foliar en la fase de floración en comparación con el tratamiento de fertilización química (Figura 3).

El número de hojas a la floración, que en este estudio se mantuvo en un rango de 9 a 11, es suficiente para asegurar un buen desarrollo del racimo y favorecer la evolución del proceso productivo, como lo señalan (Nava et al., 2004). Este rango adecuado de hojas permite que la planta mantenga la capacidad fotosintética necesaria para el crecimiento y llenado del racimo (García, 2023).

Hernández et al. (2007), quienes encontraron que el número de hojas activas a la floración se mantuvo en un rango de 8 a 13 hojas en plantas tratadas con distintos regímenes de fertilización. Sin embargo, los valores obtenidos en el presente estudio son ligeramente inferiores a los reportados en el presente estudio.

Esta variación podría indicar que, si bien la fertilización y el uso de HMA promueven un desarrollo foliar adecuado, factores ambientales y de manejo pueden influir significativamente en el número de hojas activas en la fase de floración del plátano (Meza, 2023).

Nava et al. (2004) encontraron que el número de hojas a la cosecha en plantas de plátano con cuatro fertilizaciones anuales osciló entre 6,3 en el primer ciclo de producción y 3,0 en la segunda generación. Estos resultados obtenidos en la segunda generación son similares a los encontrados en el presente estudio, lo cual sugiere que, independientemente del régimen de fertilización, el número de hojas en la fase de cosecha tiende a reducirse en ciclos de producción posteriores.

Esta coincidencia podría indicar un patrón en la fisiología del plátano, donde el agotamiento de recursos o el desarrollo progresivo de la planta afecta la retención foliar en las generaciones subsiguientes (Caballero et al., 2004).

4.4 Peso del racimo y pulgada de los dedos solo pulpa

para el peso del racimo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un p-valor de 0,0247 y un coeficiente de variación (CV) de 13,98 %. El tratamiento T5 (BIOL) alcanzó el mayor peso promedio del racimo con 11,9 kg, mientras que el tratamiento T2 (HMA+P) obtuvo el menor peso con 10,1 kg (Figura 4). Estos resultados sugieren que el uso

de biofertilizantes líquidos (biol) podría favorecer un mayor desarrollo del racimo en términos de peso, en comparación con los tratamientos que utilizan únicamente Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) combinados con fósforo.

En cuanto a la variable longitud de los dedos de pulpa, expresada en pulgadas, también se observaron diferencias entre los tratamientos, con el tratamiento T5 (BIOL) mostrando la mayor longitud promedio de 12,61 pulgadas, mientras que el tratamiento T2 (HMA+P) obtuvo la menor longitud con 10,77 pulgadas (Figura 4). Estos resultados reflejan que el uso de biol no solo contribuye a un mayor peso del racimo, sino que también favorece un crecimiento en la longitud de los frutos.

Esto podría interpretarse como un indicativo de mejor desarrollo y calidad de la fruta, posiblemente debido a la disponibilidad de nutrientes esenciales proporcionados por el biol, los cuales pueden impactar positivamente en el crecimiento longitudinal de los frutos (Loor, 2023).

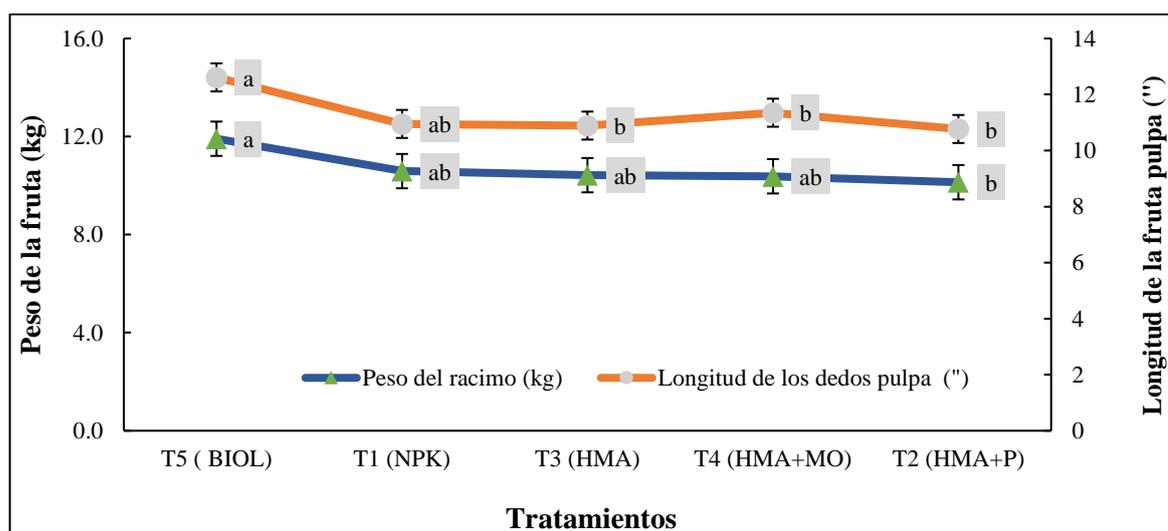


Figura 4. *Peso de la fruta (kg) y Longitud de la fruta (").*

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

Smith et al. (2010) reportaron que tanto la densidad de siembra como el tipo de fertilización influyen significativamente en el peso del racimo en cultivos de banano. En su estudio, al aplicar una fórmula de fertilización NPK, observaron que el peso promedio del racimo alcanzaba los 8,9 kg en condiciones de menor competencia por nutrientes y espacio. Sin embargo, a medida que la competencia aumentaba, el peso del racimo mostró una ligera disminución, situándose en valores de hasta 8,4 kg.

El biol, al ser un biofertilizante elaborado a partir de la fermentación de materia orgánica, aporta una mezcla de nutrientes, microorganismos beneficiosos y compuestos bioactivos que

favorecen el desarrollo de la planta de diversas maneras, lo que se traduce en racimos de mayor peso y frutos (dedos) más largos en cultivos de musáceas como el plátano o banano (Abhishek-Tripathi et al., 2010).

El biol contiene compuestos bioactivos como ácidos húmicos y fúlvicos, que ayudan a mejorar la estructura del suelo y aumentan la retención de agua y nutrientes. Estos compuestos también estimulan el metabolismo de la planta, lo que impulsa un crecimiento más rápido y una mejor formación de frutos, haciéndolos más largos y pesados (Álava, 2015).

4.5 Número de dedos y de manos del racimo de *Musa AAB*

En el análisis de los resultados obtenidos en cuanto al número de dedos y manos en el racimo de plátano (*Musa AAB*), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con un coeficiente de variación (CV) de 17,08 % para el número de dedos y 16,54 % para el número de manos, y valores de p de 0,0238 y 0,0080, respectivamente, lo cual indica diferencias significativas entre tratamientos.

El tratamiento T5 (BIOL) presentó el mayor número de dedos, con un promedio de 28,05 dedos por racimo, diferenciándose significativamente de los otros tratamientos, lo que sugiere que el uso de biol favorece un desarrollo superior en la formación de dedos en el racimo. En contraste, el tratamiento T1 (NPK) mostró el menor número de dedos, con un promedio de 25,47, lo que indica que la fertilización química estándar fue menos efectiva en promover la cantidad de dedos en comparación con el biol (Tabla 11).

De manera similar, el tratamiento T5 (BIOL) registró el mayor número de manos en el racimo, con un promedio de 5,61 manos, lo que resalta su eficacia para mejorar la estructura del racimo en términos de cantidad de manos. En contraste, el tratamiento T1 (NPK) obtuvo el valor más bajo, con un promedio de 4,79 manos, siendo significativamente inferior al tratamiento con biol (Tabla 13).

Tabla 13. *Número de Dedos y Manos en el Racimo de Musa AAB*

Tratamientos	Número de dedos	Número de manos
T5 (BIOL)	28,05 ± 0,84 a	5,61 ± 0,15 a
T4 (HMA+MO)	27,08 ± 0,84 a	5,02 ± 0,15 ab
T2 (HMA+P)	26,76 ± 0,84 b	4,89 ± 0,15 b
T3 (HMA)	26,08 ± 0,84 b	4,88 ± 0,15 b
T1 (NPK)	25,47 ± 0,84 c	4,79 ± 0,15 b
CV (%)	17,08	16,54
P valor	0,0238	0,0080

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

Smith et al. (2010), reportaron que una menor densidad de siembra tiende a favorecer un mayor número de manos y, en algunos casos, una mayor cantidad de frutos por racimo, debido a la menor competencia por nutrientes y espacio disponible para cada planta. En su estudio, se aplicó una fórmula de fertilización basada en NPK, y se observó que a densidades de siembra de 1,666 y 1,700 plantas por hectárea se produjeron en promedio 5,8 y 5,9 manos por racimo, respectivamente, con una cantidad promedio de frutos de 20,9 y 21,0. A densidades más altas, como 2,200 y 2,500 plantas por hectárea, el número de manos se mantuvo similar (5,9 en ambos casos), mientras que la cantidad de frutos mostró una leve disminución, situándose en 20,8 y 20,5, respectivamente.

Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio, donde se utilizó únicamente biol como fuente de fertilización. A pesar de que el presente estudio no empleó una fórmula de fertilización química, la producción en términos de número de manos y cantidad de frutos por racimo fue comparable.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES

- Se concluye que el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, el tratamiento con biol mostró resultados sobresalientes. Este tratamiento alcanzó el mayor peso promedio del racimo ($11,9 \pm 0,81$ kg), así como el mayor número de dedos y manos por racimo ($28,05 \pm 0,84$ dedos y $5,61 \pm 0,15$ manos), demostrando su efectividad en la mejora de la productividad del cultivo en comparación con otros tratamientos.
- En términos de desarrollo de planta y características del racimo, el tratamiento con biol nuevamente destacó por sus resultados superiores. Las plantas tratadas con biol lograron la mayor altura promedio ($4,04 \pm 0,05$ m), el mayor diámetro del tallo ($65,01 \pm 1,64$ cm), y un mayor número de hojas tanto en la floración (9 hojas) como en la cosecha (3 hojas).
- El tratamiento con biol se posiciona como la mejor opción tanto en términos de comportamiento productivo como comportamiento agronómico en el cultivo de plátano en la región evaluada. Su uso no solo promueve un mayor rendimiento en peso y cantidad de frutos, sino que también contribuye al desarrollo estructural y al vigor de la planta, lo que lo convierte en una alternativa prometedora y sostenible para optimizar la productividad en cultivos de plátano.

CAPITULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de biol como tratamiento principal en el cultivo de plátano para mejorar el rendimiento productivo y la calidad del racimo.
- Priorizar el tratamiento con biol para favorecer el desarrollo estructural de la planta, especialmente en términos de altura y diámetro del tallo.
- Promover el uso de biofertilizantes como el biol para fomentar prácticas agrícolas sostenibles que potencien el vigor y la estabilidad del cultivo de plátano.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abhishek Tripathi, A. T., Neeta Sharma, N. S., y Nidhi Tripathi, N. T. (2010). Biological control of plant diseases: An overview and the Trichoderma system as biocontrol agents. *Management of fungal plant pathogens*, 121-137.
- Abud, Y., Dorantes, N., y Trujillo, M. (2008). Las micorrizas arbusculares en la protección vegetal. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 10(1), 60-70.
- Álava, L. D. (2015). *Biol enriquecido con diferentes dosis de bacterias ácido lácticas y su influencia en la productividad de pimiento (capsicum annum l) ESPAM 2012.* [Tesis de Licenciatura.]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López.
- Aliaga, N. (2007). Producción de biol supermagro. *Cedepas norte. Centro ecuménico de promoción y acción social.*
- Almeida, A. F., y García, P. E. (2023). *Efectos de tratamientos fisionutricionales orgánicos y ecológicos sobre el rendimiento del plátano CV. barraganete* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2150>
- Alvarado, P. M. S., Cossío, N. S., y Giler, M. A. B. (2021). Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí. *ECA Sinergia*, 12(3), 155-174.
- Alvarez-Naranjo, L. J., Bustamante-Reyes, E. D. C., y Paredes, M. (2017). *Análisis de la cadena de comercialización del banano ecuatoriano para realizar una propuesta de política pública que mejore la exportación* [Tesis Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54810>
- Avellán-Vásquez, L., Cobeña-Loor, N., Estévez-Chica, S., Zamora-Macías, P., Vivas-Cedeño, J., González-Ramírez, I., y Sánchez-Urdaneta, A. B. (2020). Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano ‘barraganete’ (*Musa paradisiaca* l.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 25. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.25>
- Babbie, E. (1988). Métodos de investigación por encuesta. En *Métodos de investigación por encuesta* (pp. 439-439).
- Barrera-Violeth, J. L., Oviedo-Zumaque, L. E., y Barraza-Álvarez, F. V. (2012). Evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en fase de vivero. *Acta Agronómica*, 61(4), 315-324.
- Belalcázar, S. (1991). *El cultivo del plátano (Musa aaB) en el trópico* [ICA].
- Berdugo, S. E. B. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 123-132.

- Bernal-Monterrosa, M. Á., y Cabrales-Herrera, E. M. (2022). Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó-Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 25(2).
- Caballero, E. M. C., Martínez, G., y Barrera, J. L. (2004). Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (*Musa* AAB Simmonds) en San Juan de Uraba-Antioquia. *Temas Agrarios*, 9(1), 5-12.
- Caicedo-Arana, Á. (2015). *Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.].
https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58986/Alvaro_Caicedo_Arana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camarena-Gutiérrez, G. (2012). Interacción planta-hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(3), 409-421.
- Castilo, S. (2022). *Aclimatización de vitroplantas de banano con hongos micorrízicos arbusculares* [Tesis de Maestría]. Universidad técnica de Machala.
- Cayón, G., Lozada, J., y Belalcázar, S. (1995). Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (*Musa* AAB Simmonds) durante el llenado del racimo. *Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Corpoica, ICA, CIID (IDRC), Inibap e Inpofos. Produmedios, Bogotá*, 94-103.
- Cedeño, L. E. (2013). *Tipos de deschive en el racimo de plátano (Musa spp) variedad barraganete en la zona de Buena Fe* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/140b5147-6256-4d72-961c-e5607ce17001/content>
- Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., Sánchez-Urdaneta, A. B., Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., y Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022). FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN PLÁTANO ‘BARRAGANETE’ (*MUSA* AAB) ECUADOR. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 35(1), 8-19.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>
- Combatt-Caballero, E., Novoa-Yáñez, R., y Barrera-Violeth, J. L. (2012). Caracterización química de macroelementos en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB Simmonds) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Agronómica*, 61(2), 166-176.

- Corona-Lisboa, J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. *MediSur*, 14(1), 81-83.
- Correa-González, L. F., Aguilera Chuchuca, M. D., y Proaño Saraguro, J. L. (2019). *Diseño de un sistema de fertirriego para la aclimatación de plantas meristemáticas de musáceas en fase 1 bajo invernadero*.
- Delgado, E., Gómez, N., González, O., y Marín, C. (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (*Musa* AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(4), 603-616.
- Delgado, J. J. (2022). *Promotores de crecimiento radical en el cultivo de plátano (Musa aab cv.) 'barraganete' en fase de vivero*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabi]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/5170>
- Espinosa, J., y Mite, F. (2008). *Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano*. 1(2), 34.
- García, A. (2023). *EFEECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN CON NITROGENO EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS VEGETATIVAS DE PLATANO CURARE ENANO (Musa sp.) EN EL CASERIO CENTRO YURAC – AGUAYTÍA* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/7031/B4_2024_UNU_AGRONOMIA_2023_T_LUIS-GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giraldo, M. C., Ligarreto, G. A., Cayón, G., y Melo, C. (2011). Análisis de la variabilidad genética de la colección colombiana de musáceas usando marcadores isoenzimáticos. *Acta Agronómica*, 60(2), 108-119.
- González, O., Luna, G., y Quintero, V. (2006). Respuesta del plátano África 1 a la fertilización edáfica con nitrógeno y potasio. *Agron*, 14(1), 81-88.
- González-Chávez, M., Gutiérrez-Castorena, M., y Wright, S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. *Terra Latinoamericana*, 22(4), 507-514.
- Google Maps. (2024). *Ubicación geográfica del ensayo* [Ubicación geográfica del ensayo]. <https://www.google.com/maps/@-0.2643624,-79.4325654,6978m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?entry=ttu>
- Hernández, J., Cañizares Chacín, A. E., Blanco, G., Arrieche, I., Pérez, A., Salazar, C., y González, M. (2009). Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa* spp.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 449-457.
- Hernández, Y., Marín, M., y García, J. (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I.

- Crecimiento y producción. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(4), 607-626.
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de, 20(1)*.
- INEC. (2016). *Producción de plátano en Ecuador*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf
- Infante, A. (2011). Manual de biopreparados para la agricultura ecológica. *Programa Territorial Orgánico (PTO), SURFRUT, Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Trama impresores SA, Santiago, Chile*.
- InfoAgro. (2008). *El cultivo del plátano. 1ª parte*. https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- Kashyap, B. K., Solanki, M. K., Pandey, A. K., Prabha, S., Kumar, P., y Kumari, B. (2019). Bacillus as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A promising green agriculture technology. *Plant health under biotic stress: volume 2: microbial interactions*, 219-236.
- Loor, N. (2023). *Efecto de asociación de Micorrizas y Trichodermas spp sobre el crecimiento de plantas de plátano (Musa ABB) en la etapa de vivero*. [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4627>
- López Mejía, F. X., Muñoz Flórez, J. E., Vivas Cedeño, J. S., Cedeño Zambrano, J. R., Tacuri Troya, E., y Cruzatty Loor, N. M. (2022). Caracterización de agrosistemas productores de plátano (*Musa AAB*) en los cantones Santo Domingo y El Carmen, Ecuador. *Idesia (Arica)*, 40(4), 45-52.
- López-Gómez, B. F., Alarcón, A., Quintero-Lizaola, R., y Lara-Herrera, A. (2015). Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción de Chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1203-1214.
- Losa, N. F., Menorca, C. G., y Cabestre, F. J. R. (2015). El trabajo de campo experimental como método de aprendizaje práctico. *Contextos educativos: Revista de educación*, 18, 143-161.
- Lovera, M., y Cuenca, G. (2007). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Venezuela. *Interciencia*, 32(2), 108-114.
- Martínez, A. (1984). Determinación del área mínima foliar en plátano en el trópico húmedo. *Revista ICA*, 19(2), 183-187.

- Martínez, L. A. R., Aragón, D. A., Espinosa, R. R., Cuéllar, A. E., García, J. S., y Cuéllar, E. E. (2016). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Agricultura Tropical*, 2(1).
- Medina, R. (2003). *Evaluación de la micorriza vesículoarbuscular, Mycoral®, en cormos de banano y plátano en vivero* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana «Zamorano»]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eb5534d9-a6d7-4ba6-a156-950c103c7880/content>
- Merchán-Sánchez, B. (2020). *Efecto del acetiluro de calcio sobre la maduración de fruta en dos cultivares de plátano (Musa paradisiaca L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0443474d-b4dd-4ca4-89b7-0ea5076b2f35/content>
- Meza, J. (2023). *Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) en la productividad del cultivo de plátano (Musa AAB)* [Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4652/1/ULEAM-AGRO-0167.pdf>
- Monterrosa, M. Á. B., y Herrera, E. C. (2022). Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó-Colombia. *Actualidad y Divulgación UDCA*, 25(2), 2.
- Morales, E. L. Á., Córdova, S. A. L., Bravo, M. L. S., y Macías, B. L. C. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of business and entrepreneurial studie*, 4(2).
- Morell, F., Hernández, A., Borges, Y., y Marentes, F. L. (2009). La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo. *Cultivos Tropicales*, 30(4), 00-00.
- Muñoz-Márquez, E., Macías-López, C., Franco-Ramírez, A., Sánchez-Chávez, E., Jiménez-Castro, J., y González-García, J. (2009). Identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 355-361.
- Nadal-Medina, R., Manzo-Sánchez, G., Orozco-Romero, J., Orozco-Santos, M., y Guzmán-González, S. (2009). Diversidad genética de bananos y plátanos (*Musa* spp.) determinada mediante marcadores RAPD. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), 01-07.
- Nava, C., Vera, J., y Venezuela, I. A. (2004). Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de sigatoka negra. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, 21(4), 336-343.
- Nebiyu, A., Diels, J., y Boeckx, P. (2016). Phosphorus use efficiency of improved faba bean (*Vicia faba*) varieties in low-input agro-ecosystems. *Journal of Plant Nutrition and Soil*

- Science*, 179(3), 347-354.
- Noblecilla, I., Quevedo, J., y Garcia, B. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 128-136.
- Ongley, E. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos.(Estudio FAO Riego y Drenaje-55). *GEMS/Water Collaborating Center Canada Center for Inland Waters*, 21-37.
- Pérez-Luna, Y. del C., Álvarez-Solís, J. D., Mendoza-Vega, J., Pat-Fernández, J. M., Gómez-Álvarez, R., y Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana. Botánica*, 69(1), 46-56.
- Poveda-Vega, L., Brenes-Gamboa, S., Guzmán-Quesada, M., y Tapia-Fernandez, A. (2013). Valoración de algunos productos para el control del mal de Panamá en el cultivo de coco (*Musa sp.*(aaa) subgrupo gros michel). *InterSedes*, 14(29), 81-94.
- PROECUADOR. (2015). *Análisis Sectorial Plátano*. https://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/PROEC_AS2015_PLATANO1.pdf
- Quintana, M. (2018). *Macronutrientes (N, P, K), pH y CE en el horizonte B de los perfiles de suelo en el campus "La María", del cantón Mocache*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ed81f69f-12d2-40ce-beec-bd97398c515d/content>
- Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández-Acosta, E., Rincón-Enríquez, G., y Ferrera-Cerrato, R. (2012). Interacción de hongos micorrícicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 165-176.
- Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., Cabrera Rodríguez, A., Martín Alonso, G. M., y Fernández Chuaerey, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y Bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 165-174.
- Sepúlveda, W. S., Ureta, I., Hernández, G. A., y Solorzano, G. K. (2017). Consumo de plátano en Ecuador: Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista Em Agronegocio e Meio Ambiente*, 10(4), 995-1014.
- Smith, E., Velásquez, M., Zúñiga, L., y Valerín, J. (2010). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y producción de plantas en primera generación de banano dátil (*Musa AA*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 77-83.
- Socorro, M. A. H., Oramas, B. P. D., Cabrera, I. M., Campos, M. S., y Hernández, M. G. R.

- (2021). Caracterización de fincas y agricultores asociados a la producción de bananos/plátanos en zonas seleccionadas de Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 36(3).
- Stover, H. (2020). Anana Root Diseases Caused by *Fusarium oxysporum*/. Sp. Cubense, *Pseudomonas solanacearum*, and *Radopholus similis*: A Comparative Study of Life Cycles in Relation to Control. *Root diseases and soil-borne pathogens. University of California Press.*, 1(89), 197-200.
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro*. (Edic. UPS.). Fundagro.
- Usuga Osorio, C. E., Castañeda Sánchez, D. A., y Franco Molano, A. E. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (HMA) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa AAA cv. Gran Enano*)(*Musaceae*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4279-4290.
- Vivas-Cedeño, J., Lazo-Roger, Y., González-Ramírez, I., y Robles-García, J. (2018a). Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 3. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.790>
- Vivas-Cedeño, J., Lazo-Roger, Y., González-Ramírez, I., y Robles-García, J. (2018b). Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 3. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.790>
- Vivas-Cedeño, J. S., Robles-García, J. O., González-Ramírez, I., y Meza-Loor, M. A. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 633-647.
- Vivas-Cedeño, J. V., González, R. P., López, F. X., Tacuri-Troya, E. T., y Tacuri-Alcívar, E. E. (2022). *Manejo integrado del cultivo del plátano Musa AAB* (Primera, Vol. 1). Mawil.

8. ANEXOS

Anexo 1. ADEVA del número de hojas de la cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,75	8	0,09	2,14	0,0931
Tratamientos	0,22	4	0,06	1,29	0,3158
Repeticiones	0,52	4	0,13	2,99	0,0509
Error	0,7	16	0,04		
Total	1,44	24			

Anexo 2. Cosecha de Musa AAB



Anexo 3. Conteo de manos y dedos por tratamiento



Anexo 4. Aplicación de los tratamientos



Anexo 5. Practicas culturales



