



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

**Evaluación de microorganismos biodegradadores en la descomposición de
residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).**

AUTORES:

García Gaibor Galo Josué

Cotto Castro Ginger Carolina

TUTOR:

MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS

Milagro, 2025

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **García Gaibor Galo Josué y Cotto Castro Ginger Carolina**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación **Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **1 de Septiembre del 2025**

García Gaibor Galo Josué

C.I.: 0503674525

Cotto Castro Ginger Carolina

C.I.: 1205446113

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Martinez Valenzuela Gustavo Elias**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **García Gaibor Galo Josué y Cotto Castro Ginger Carolina**, cuyo tema **Evaluación microorganismos biodegradadores en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L.)**, que aporta a la Línea de Investigación **Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Biotecnología**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, **1 de Septiembre del 2025**

MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS

C.I.: 0922079595

Certificación de Defensa



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FACULTAD DE POSGRADO ACTA DE SUSTENTACIÓN MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintidos días del mes de agosto del dos mil veinticinco, siendo las 15:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, ING. GARCIA GAIBOR GALO JOSUE, a defender el Trabajo de Titulación denominado " EVALUACIÓN MICROORGANISMOS BIODEGRADADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS EN PLÁTANO (MUSA X PARADISIACA L).", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc. CARPIO ARIAS MARCELA MARICELA, Presidente(a), Dca. PEREZ MARTINEZ SIMON en calidad de Vocal; y, Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: 94.99 equivalente a: MUY BUENO.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 16:00 horas.



Msc. CARPIO ARIAS MARCELA MARICELA
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Dca. PEREZ MARTINEZ SIMON
VOCAL



Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



ING. GARCIA GAIBOR GALO JOSUE
MAGISTER

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintidos días del mes de agosto del dos mil veinticinco, siendo las 15:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, ING. COTTO CASTRO GINGER CAROLINA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " EVALUACIÓN MICROORGANISMOS BIODEGRADADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS EN PLÁTANO (MUSA X PARADISIACA L).", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc. CARPIO ARIAS MARCELA MARICELA, Presidente(a), Dca. PEREZ MARTINEZ SIMON en calidad de Vocal; y, Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: 91.65 equivalente a: MUY BUENO.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 16:00 horas.



MARCELA MARICELA
CARPIO ARIAS
Firmado digitalmente por:
Msc. CARPIO ARIAS MARCELA MARICELA

Msc. CARPIO ARIAS MARCELA MARICELA
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



SIMON PEREZ
MARTINEZ
Firmado digitalmente por:
Dca. PEREZ MARTINEZ SIMON

Dca. PEREZ MARTINEZ SIMON
VOCAL



DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO
Firmado digitalmente por:
Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



GINGER CAROLINA
COTTO CASTRO
Firmado digitalmente por:
ING. COTTO CASTRO GINGER CAROLINA

ING. COTTO CASTRO GINGER CAROLINA
MAGISTER

Dedicatoria

A papito Dios por permitirme seguir sobre este mundo terrenal, a mi esposa mi madre y mi hija por su apoyo y amor incondicional día tras día; a mi estrella que desde el cielo me alumbra día tras día.

García Gaibor Galo Josué

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para alcanzar cada meta.

A mis padres Carlos Cotto, Ninfa Castro y a mis hermanos Karla, Jostin, Jean Carlos, Keyder quienes han sido mi mayor apoyo en cada paso de este camino. Su amor incondicional, esfuerzo y ejemplo me han motivado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mi esposo Wellington Cargua Vivas por siempre estar para mí dándome ánimos tanto moral como emocional

A Mis Sobrinos Luciana Cotto, Carlos Cotto, por motivarme a seguir preparándome para poder estar para ellos en todo momento

A mis amigos Madeley Ricaurte, Yamileth Baidal, Cristhian Álvarez por estar presente en este camino largo y constante

A mis docentes, por compartir sus conocimientos con pasión y compromiso.

A mi compañero de investigación, por su compromiso y esfuerzo conjunto en la realización de esta investigación.

Ginger Carolina Cotto Castro

Agradecimientos

A Dios, por estar a mi lado dándome sus bendiciones y no permitir que me rinda.

A mi querida madrecita, que siempre han estado a mi lado durante toda mi etapa de estudios entregando su amor y consejos para no decaer y continuar hasta cumplir mis metas.

A mi esposa, Erika Vivas Pazmiño, por estar a mi lado brindándome su apoyo incondicional en todo lo que me propongo alcanzar junto con mi princesa Isabella que es mi motor a seguir en da paso de mi vida.

García Gaibor Galo Josué

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme esa sabiduría y sobre todo Salud durante este proceso De Maestría

A mis padres Carlos Cotto y Ninfa Castro por ser ese apoyo incondicional en cada paso profesional que doy en mi vida

A nuestro tutor, MSc. Gustavo Elías Martínez Valenzuela, por su guía, paciencia y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

A las autoridades, docentes y personal técnico del área de posgrado por su colaboración a lo largo del proceso investigativo.

Y a todos quienes, directa o indirectamente, hicieron posible la culminación de esta investigación.

Ginger Carolina Cotto Castro

Resumen

La presente investigación titulada Evaluación de microorganismos biodegradadores en la descomposición de residuos de plátano (*Musa x paradisiaca* L.) tuvo como objetivo evaluar la capacidad biodegradadora de microorganismos (*Trichoderma*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano. El estudio se desarrolló en una finca ubicada en el cantón Valencia de la provincia de Los Ríos, Ecuador, donde se aplicaron estos microorganismos a residuos frescos de hojas, raquis y pseudotallo para analizar su influencia en los tiempos y eficiencia de descomposición, así como en la composición química del material descompuesto. La metodología fue experimental y se aplicó en Diseño de Bloques Completos al Azar, y se midieron variables como peso fresco y seco del residuo, longitud del pseudotallo, raquis y hojas en siete semanas, temperatura, y eficiencia biológica del residuo. Los resultados indicaron que la aplicación de *Saccharomyces spp*, aceleró significativamente la descomposición, evidenciada por una mayor reducción en el peso fresco y porcentaje de materia seca en comparación con los demás tratamientos. La composición química del residuo presentó un aumento de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, lo que sugiere un aporte nutricional relevante para la fertilidad del suelo. En conclusión, el uso de microorganismos biodegradadores, en especial *Saccharomyces spp.*, constituye una alternativa sostenible y rentable para la gestión de residuos plataneros, favoreciendo la economía circular y reduciendo el impacto ambiental. Se recomienda implementar su uso en sistemas productivos de plátano, capacitar a los agricultores en técnicas de biodescomposición, realizar estudios a mayor escala en diferentes condiciones agroclimáticas y fomentar su integración en políticas públicas de manejo integral de residuos agrícolas.

Palabras clave: Celulosa, descomposición, hemicelulosa, residuos.

Abstract

The present research entitled Evaluation of biodegrading microorganisms in the decomposition of plantain (*Musa x paradisiaca* L.) waste aimed to evaluate the biodegradative capacity of microorganisms (*Trichoderma*, *Lactic acid bacteria* and *Saccharomyces spp*) in the decomposition of plantain waste. The study was carried out on a farm located in the Valencia canton of the Los Ríos province, Ecuador, where these microorganisms were applied to fresh residues of leaves, rachis and pseudostem to analyze their influence on decomposition times and efficiency, as well as on the chemical composition of the decomposed material. The methodology was experimental and was applied in a Randomized Complete Block Design, and variables such as fresh and dry weight of the residue, length of the pseudostem, rachis and leaves in seven weeks, temperature, and biological efficiency of the residue were measured. The results indicated that the application of *Saccharomyces spp* significantly accelerated decomposition, evidenced by a greater reduction in fresh weight and percentage of dry matter compared to other treatments. The chemical composition of the residue showed increased levels of nitrogen, phosphorus, and potassium, suggesting a significant nutritional contribution to soil fertility. In conclusion, the use of biodegrading microorganisms, particularly *Saccharomyces spp.*, constitutes a sustainable and cost-effective alternative for managing plantain residues, promoting circular economy practices and reducing environmental impact. It is recommended to implement its use in plantain production systems, train farmers in biodecomposition techniques, conduct large-scale studies under diverse agroclimatic conditions, and encourage its integration into public policies for comprehensive agricultural waste management.

Keywords: Cellulose, decomposition, hemicellulose, residues.

Lista de Figuras

Figura 1. Superficie cosechada de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	18
Figura 2. Producción y Rendimiento (t/ha) de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	19
Figura 3. Temperatura en la descomposición de residuos	47

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	19
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza utilizarse en el ensayo	36
Tabla 3. Tratamientos evaluados	36
Tabla 4. Precocidad de descomposición de los residuos de plátano (%).....	40
Tabla 5. Longitud del pseudotallo	42
Tabla 6. Longitud del raquis	43
Tabla 7. Longitud de la hoja	45
Tabla 8. Eficiencia de los microorganismos	46
Tabla 9. Análisis proximal	48

ÍNDICE

Derechos de Autor.....	ii
Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación	iii
Certificación de Defensa	iv
Dedicatoria.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimientos	viii
Agradecimientos	ix
Resumen.....	x
Abstract	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Tablas.....	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación.....	4
4.1. Planteamiento del problema.....	4
4.2. Delimitación del problema.....	5
4.3. Formulación del problema	6
4.4. Preguntas de investigación.....	6
4.5. Objetivos.....	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos	7
4.6. Hipótesis.....	7
4.7. Justificación.....	8
4.8. Declaración de las variables (Operacionalización)	9
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial.....	10
2.1. Antecedentes Referenciales.....	10

2.2.	Marco Conceptual	13
2.3.	Marco Teórico.....	16
2.3.3.	Clasificación taxonómica del plátano	19
2.3.4.	Exigencias edafoclimáticas de Musa paradisiaca Var. Hartón.....	20
2.3.5.	Prácticas de manejo agrícola	21
2.3.5.1.	Fertilización.....	21
2.3.5.2.	Deshije	22
2.3.5.3.	Deshoje	23
2.3.5.4.	Control de arvenses	23
2.3.5.5.	Desbellote	23
2.3.5.6.	Embolsado.....	24
2.3.5.7.	Horqueteo y soporte de planta	24
2.3.5.8.	Cosecha.....	24
	CAPÍTULO III: Diseño Metodológico	35
3.1.	Tipo y diseño de investigación.....	35
3.1.1.	Tipo de investigación.....	35
3.1.2.	Diseño.....	35
3.2.	La población y la muestra	35
3.2.1.	Población.....	35
3.2.3.	Tratamientos a evaluar	36
3.3.	Los métodos y las técnicas	38
3.4.1.	Métodos.....	38
3.5.	Procesamiento estadístico de la información	40
	CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados.....	40
4.1.	Análisis e Interpretación de Resultados.....	40
4.1.1.	Tiempos de descomposición de los residuos de plátano en relación a la aplicación de microorganismos.....	40

4.1.2. Eficiencia de los microorganismos en la descomposición de residuos de plátano <i>M. paradisiaca</i> y parámetros morfológicos.....	41
4.1.2.1. Longitud de los residuos (pseudotallo cm)	41
4.1.2.2. Longitud del raquis (cm)	43
4.1.2.3. Longitud de la hoja (cm)	44
4.1.3. Eficiencia biológica	45
4.1.4. Temperatura de la descomposición de residuos.....	46
4.1.5. Composición química de la descomposición de los residuos de plátano como método de adición nutricional al suelo	47
CAPÍTULO V	50
5.1. Discusión.....	50
5.2. Conclusiones.....	53
5.3. Recomendaciones	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	67

Introducción

Según la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador (AEBE., 2020), el plátano (*Musa x paradisiaca*) es una fruta tropical de alto consumo especialmente en países de África, Latinoamérica y el Caribe. Es un fruto que se produce en las regiones de poco desarrollo industrial, y se comercializa en fresco y en menor escala, como producto procesado. Estados Unidos y Europa son los principales importadores de plátano fresco. El comercio mundial del plátano lo realizan aquellos países con una tradición exportadora de banano, principalmente. Además, según el Instituto de Promoción del Ecuador (PROECUADOR., 2022), estos países aprovechan la infraestructura, logística y conocimiento desarrollados para el cultivo y comercialización del banano.

En ese contexto, Ecuador es reconocido como el primer productor mundial. En 2024, la superficie dedicada a la cosecha fue de 175.181 hectáreas, produciendo un total de 7.159.816 toneladas métricas, lo cual indica un aumento del 4,6% en comparación con el año anterior (INEC, 2023). Las principales provincias productoras de plátano incluyen, Esmeraldas, Los Ríos, Guayas, Manabí y El Oro, cada una de estas provincias cuenta con extensiones significativas de tierras dedicadas al cultivo de esta variedad de plátano, contribuyendo así a la diversificación agrícola y al bienestar de las comunidades locales (Caicedo et al., 2020). Se estima que el cultivo se extiende a lo largo y ancho del país adaptándose a una variedad de condiciones climáticas y geográficas (Álvarez, 2018).

Sin embargo, junto con este crecimiento en la producción, ha traído consigo no solo beneficios económicos sino también desafíos ambientales, especialmente relacionados con la gestión de los residuos agrícolas (Rodríguez et al., 2021). Entre

estos residuos, el pseudotallo destaca por su volumen y su potencial no aprovechado, representando una problemática significativa para la industria y el medio ambiente (Romero y Loayza, 2023). Es decir, por cada tonelada de racimos se generan tres toneladas de pseudotallo y 480 kg de hojas, lo que implica que su volumen desechado es considerablemente alto (Pinedo et al., 2022). Este material orgánico no está siendo aprovechado de manera adecuada, lo que contribuye al deterioro del medio ambiente debido a su mala gestión (Luna y Mesa, 2016).

De manera general, las hojas y los pseudotallos contienen niveles importantes de lignocelulosa, mientras que los restos de fruto presentan en su composición gran cantidad de micronutrientes (Shinde et al., 2022). Estas propiedades hacen de los residuos, sustratos eficientes para algunos microorganismos, los cuales producen capaces de degradar completamente la lignina (Paladines y Tinoco, 2019).

En la búsqueda de soluciones sostenibles para el manejo de residuos y la promoción de la economía circular, la biodescomposición ha surgido como una herramienta clave (Simarmata et al., 2021). Este proceso biológico permite la descomposición de materiales orgánicos a través de la acción de las enzimas producidas por los microorganismos (Vargas, 2019). Estas enzimas como amilasas, celulasas, proteasas, lipasas y agarasas son capaces de transformar materiales complejos en sustancias más simples que pueden: (i) ser asimiladas y empleadas como fuente de energía por los microorganismos, o (ii) recuperadas y reintroducidas en la cadena de valor (Brindha et al., 2019).

Una de las alternativas es el uso de microorganismos, pues la mayoría de ellos (bacterias, actinomicetos y hongos) son organismos unicelulares con estructura y composición muy simples (Vásquez et al., 2019). La base y forma de alimento

pertenece a cada colonia específica, pero sus necesidades de energía, nutrientes orgánicos o minerales, agua, temperatura y falta de elementos o condiciones nocivas son similares a las de las plantas que comparten su hábitat (Haro et al., 2017). Por lo que, el objetivo de este estudio consistió en evaluar la capacidad biodegradadora de microorganismos en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L.).

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

4.1. Planteamiento del problema

En el Ecuador se genera una gran cantidad de residuos, provenientes de la producción de musáceas, entre los que resaltan tallos, hojas y raquis, en el que el proceso de descomposición es lento y en su mayoría son vertidos en las carreteras, ríos, entre otros, generando impactos negativos para el medio ambiente (Shinde et al., 2022). Además, cuando se cosecha el racimo de plátano, representa sólo entre 20 al 30% de su biomasa, quedando entre un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales al desechar estos residuos sin tratamiento previo, contribuyendo a la descomposición del ecosistema; aunque, una minoría de productores aprovechan los residuos en la plantación en forma de abono verde y alimentación animal (PROECUADOR 2022).

Adicionalmente se conoce que se producen por año más de 8 millones de toneladas de residuos de plátano como: hojas, pseudotallo y raquis, y aproximadamente 240,000 toneladas de fruta, que se originan en las plantas empacadoras y que no se exporta (Rodríguez et al., 2021). Todos estos desechos no son manejados adecuadamente y causan contaminación por la carga orgánica que representan, tanto en el suelo como en el aire estos desechos provocan una substancial contaminación por la generación de gas metano, siendo una de las fuentes de contaminación con mayor existencia durante muchos años, considerando que una planta de plátano al momento de su cosecha debe tener un peso promedio de 100 kg, los cuales están distribuidos en 15 kg de hojas, 50 kg de pseudotallo, 33 kg de plátano y 2 kg de raquis (García et al., 2020).

Esto lógicamente indica que el 70% del volumen total de producción lo constituyen los desechos que no son aprovechados por el hombre sistemáticamente, sino más bien constituyen es un foco de contaminación, y esto no solo ha causado problemas medioambientales sino también económicos, induciendo a un mal manejo o altos costos para su disposición final (Paladines y Tinoco, 2019).

La acumulación de residuos agrícolas es un problema ambiental significativo que requiere soluciones sostenibles y económicamente viables (García et al., 2020). En el caso del cultivo de plátano (*Musa x paradisiaca*), grandes cantidades de residuos, como cáscaras, hojas y pseudotallos, son generadas durante su producción, representando un desafío para su manejo adecuado (Rodríguez et al., 2021). Estos desechos contienen compuestos lignocelulósicos que dificultan su descomposición natural, lo que puede llevar a su acumulación y generar impactos negativos, como la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación del suelo (Ahmad et al., 2023).

4.2. Delimitación del problema

Con la generación de la gran cantidad de residuos provenientes de este cultivo, es importante el uso de alternativas que promueven un mejor uso de los desechos, donde los microorganismos con capacidad de biodegradar residuos lignocelulosas, como los del género *Trichoderma*, bacterias ácido lácticas y *Sacharomyces spp*, son los que resaltan por su capacidad biotransformadora y se presenta como un organismo degradador de celulosa y fibra, y esto puede ser utilizado con fines económicos, al poder utilizar residuos de cosechas y procesamientos agroindustriales para la obtención de beneficios adicionales al cultivo principal, ofreciendo una alternativa biotecnológica para transformar estos residuos en productos útiles como

fertilizantes orgánicos o acondicionadores del suelo, por lo que se evidencia la delimitación del problema:

Ante esta alternativa de biodescomposición se plantea este estudio, el mismo que se llevará a cabo en la finca ubicada en el cantón Quevedo km 1.5 Vía a Valencia, provincia de Los Ríos, durante el año 2025, considerando los periodos de cosecha de la finca para el desarrollo de la investigación.

4.3. Formulación del problema

El uso de microorganismos biodegradadores en la actualidad se encuentran ampliamente estudiados por su capacidad para producir enzimas hidrolíticas que degradan eficientemente compuestos complejos como celulosa y lignina, componentes principales de los residuos lignocelulósicos, donde sus procesos de biodescomposición no solo contribuyen a la reducción de biomasa acumulada, sino que también mejora la calidad del material orgánico final al enriquecerlo con nutrientes esenciales (Luna y Mesa 2016). Por las razones expuestas, surge la siguiente interrogante:

¿Será efectivo el uso de microorganismos en la biodescomposición de residuos de plátano (*Musa x paradisiaca* L)?

4.4. Preguntas de investigación

- ¿Cómo influyen los tiempos de descomposición de los residuos de plátano en comparación a los microorganismos aplicados?
- ¿Qué tan eficientes son los microorganismos en la descomposición de residuos de plátano *M. paradisiaca*?

- ¿Cuál es el potencial de los residuos de plátano descompuestos en la composición nutricional para su posterior adición al suelo?

4.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad biodegradadora de microorganismos (*Trichoderma*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los tiempos de descomposición de los residuos de plátano en relación a la aplicación de microorganismos.
- Valorar la eficiencia de los microorganismos en la descomposición de residuos de plátano *M. x paradisiaca*.
- Determinar la composición química de la descomposición de los residuos de plátano como método de adición nutricional al suelo.

4.6. Hipótesis

Hipótesis Nula (H_0): Las tasas de descomposición de los residuos de plátano (*Musa paradisiaca*) tratados con *Trichoderma spp*, *Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* y el control sin adición de microorganismos, no presentan diferencias estadísticas relevantes.

Hipótesis Alternativa (H_1): Al menos uno de los tratamientos con *Trichoderma spp*, *Lactobacillus spp* o *Saccharomyces spp* muestra una reducción del tiempo de descomposición de los residuos de plátano que es estadísticamente distinta de la lograda en el tratamiento control.

Hipótesis específicas:

H₀₁: La eficiencia biológica en el proceso de descomposición de los residuos, medida como reducción de masa, es equivalente entre los microorganismos *Trichoderma spp*, *Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* y el tratamiento control.

H₁₁: Por lo menos uno de los microorganismos suministra una eficiencia biológica que difiere de manera significativa en la descomposición de residuos de plátano en comparación con el control.

H₀₂: Los cambios morfológicos de los tejidos, evaluados a través de la longitud del pseudotallo, del raquis y de las hojas, no exhiben diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo del proceso de descomposición.

H₁₂: Al menos uno de los tratamientos altera de forma estadísticamente relevante las dimensiones morfológicas durante la descomposición con respecto a los demás.

4.7. Justificación

El estudio aborda la problemática de la acumulación de residuos generados por el cultivo y procesamiento de plátano (*Musa x paradisiaca*), que representan un desafío ambiental y económico para los productores. Estos residuos pueden contener altos niveles de materia orgánica, cuya descomposición inapropiada contribuye a la contaminación ambiental (Simarmata et al., 2021).

Desde el enfoque social, el manejo adecuado de los residuos agrícolas, como los generados en el cultivo de plátano, contribuye a mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales al reducir los problemas de salud asociados con la acumulación y descomposición incontrolada de estos desechos, como la proliferación de vectores de enfermedades (Pinedo et al., 2022). Además, fomenta prácticas sostenibles y el aprovechamiento local de recursos para producir compost o enmiendas orgánicas, promoviendo una conciencia ambiental entre los productores (Vásquez et al., 2019).

Desde el enfoque económico, el uso de microorganismos contribuirá a biodegradar residuos, lo que representa una alternativa rentable frente a métodos tradicionales de gestión de desechos que suelen requerir mayores inversiones en infraestructura o insumos químicos (Jaramillo, 2020). Este proceso permitirá transformar un residuo sin valor en un producto útil, como biofertilizantes, que pueden ser utilizados por los mismos agricultores o comercializados, generando una nueva fuente de ingresos (Mago et al., 2021). Finalmente, desde el enfoque ambiental, esta estrategia reduce el impacto negativo de los residuos agrícolas al evitar su acumulación en suelos y cuerpos de agua, minimizando la emisión de gases de efecto invernadero y el deterioro de ecosistemas.

4.8. Declaración de las variables (Operacionalización)

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escalas de medición	Técnicas/Instrumentos
V.I. Microorganismos biodegradadores	Tipo de microorganismos	Eficiencia de <i>Trichoderma</i> , bacterias ácido lácticas, <i>Sacharomyces</i> <i>spp</i>	Porcentaje	Registro experimental
V.D descomposición de los residuos de plátano	Tiempo de descomposición	Tiempo de descomposición	Semanal	Observación

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes Referenciales

2.1.1. Investigaciones a nivel internacional

Mahalakshmi y Linnett (2016), en su estudio sobre el uso de residuos de pseudotallo de banano para la producción de biofertilizante potásico mediante bacterias celulíticas, se aislaron diez bacterias celulolíticas de muestras de suelo recolectadas en el campus universitario. Tras pruebas preliminares y pruebas bioquímicas, se identificaron las bacterias celulolíticas. El aislado bacteriano que mostró máxima actividad celulolítica (D8) resultó ser *Bacillus aerius* mediante secuenciación de ARNr 16s. Estos aislados se utilizaron solos y en consorcio para degradar los residuos de pseudotallo de banano mediante fermentación en estado sólido para obtener el líquido fermentado. Las pruebas realizadas para comprobar el efecto del líquido fermentado en el crecimiento vegetal revelaron un buen aumento de la longitud de la raíz, la longitud del brote, el peso fresco, el peso seco y el contenido de clorofila de las plantas de fenogreco.

De acuerdo con Tortora et al. (2023) estudió la descomposición del residuo de cosecha de la caña de azúcar por una cepa fúngica autóctona de *Trichocladium pyriforme*, para ello se aislaron cepas fúngicas autóctonas, a partir de la conservación del residuo agrícola de cosecha (RAC) de la caña de azúcar, luego se seleccionaron y caracterizaron en forma cultural, morfológica y molecular aquellas que presentaron mayor potencial para acelerar la descomposición del residuo de la cosecha en verde del cañaveral. Se evaluó la actividad celulítica y ligninolítica in vitro, utilizando carboximetilcelulosa y guayacol, como sustratos, respectivamente. La cepa HR5E3

fue la única capaz de descomponer la celulosa y la lignina. Esta cepa, se caracterizó en forma cultural, morfológica y molecular como *Trichocladium pyriforme* y produjo enzimas del grupo de la lignina peroxidasa, polifenol oxidasas y lacasas estos resultados demostraron que algunos microorganismos son capaces de degradar la lignocelulosa, y evitar los efectos perjudiciales que la cobertura inalterada del residuo agrícola podría tener sobre el desarrollo del cañaveral.

2.1.2. Investigaciones a nivel nacional

Recalde (2013) en su estudio, evaluó la descomposición de residuos sólidos orgánicos mediante la aplicación de microorganismos eficientes (ME). Se establecieron pilas de compostaje donde se monitorearon variables clave como temperatura, humedad y pH durante el proceso de descomposición. La eficacia de los ME se comparó con un tratamiento control sin aplicación de estos microorganismos. El proceso fue seguido durante varias semanas para analizar la velocidad y eficiencia en la descomposición de la materia orgánica. Los resultados indicaron que la adición de ME aceleró la descomposición de los residuos, alcanzando temperaturas óptimas para la actividad microbiana en menor tiempo en comparación con el tratamiento control. Se observó una mayor estabilidad del compost, con reducción en el tiempo de maduración y mejores características físico-químicas del material final. Además, los ME contribuyeron a un mejor equilibrio en los niveles de pH y humedad, favoreciendo la biodescomposición eficiente. El estudio concluyó que el uso de microorganismos eficientes mejora significativamente la descomposición de residuos orgánicos, reduciendo el tiempo de compostaje y optimizando la calidad del producto final. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de ME es una estrategia viable para

la gestión sostenible de residuos sólidos orgánicos, promoviendo prácticas agrícolas más eficientes y ambientalmente responsables.

Grijalba (2022) en su revisión sobre la descomposición de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas, reportó que el potencial de los microorganismos como descomponedores de la materia orgánica, especialmente aquella rica en lignocelulosa, es actualmente un tema de estudio de gran importancia. En ese sentido, el aprovechamiento de residuos como materia prima para la producción de biocombustibles, metabolitos secundarios de interés o enmiendas de suelos (humus, compost) es una necesidad actual tanto a nivel agrícola como industrial por lo que podría ser una estrategia viable para minimizar los impactos ambientales generados con los residuos agrícolas.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Plátano

El plátano es una fruta tropical procedente del árbol que recibe el mismo nombre o banano, perteneciente a la familia de las musáceas. Tiene forma alargada o ligeramente curvada, de 100-200 g de peso (Agropedia., 2020).

2.2.2. Residuos

Los residuos se definen como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final (Jaramillo, 2020). Un residuo es cualquier material que se considera sin valor suficiente para ser conservado. Se diferencia de la basura, que son desechos producidos por los humanos y que no pueden ser reutilizados o reciclados (Noboa, 2021).

2.2.3. Residuos de plátano

Los residuos del plátano corresponden al material que queda después de la cosecha del producto, tales como cascaras, pseudotallos, hojas, y raquis, generados durante su procesamiento. Estos subproductos son ricos en compuestos orgánicos, fibras y nutrientes, y representan una fuente valiosa para la producción de bioproductos como abonos, bioplásticos, biogás y alimentos animales (Recalde et al., 2013).

2.2.4. Pseudotallo

El pseudotallo del banano, es una parte fundamental de la planta de banano que desempeña un papel crucial en su crecimiento y desarrollo. En cuanto a su composición, el pseudotallo está compuesto principalmente por agua (alrededor del 90%), lo que le confiere una textura jugosa y suave; además, contiene carbohidratos, principalmente en forma de almidón y azúcares como la glucosa y la fructosa, que proporcionan energía a la planta durante su crecimiento (Avellán y Mendoza, 2019).

2.2.5. Raquis

El tallo o pedicelo tiene forma de espiral y hace que el racimo se sostenga, y cuando el racimo está lleno, el volumen final es grande. Por su valor nutricional, este material se puede reutilizar y reintegrar al suelo mediante compostaje (Bata, 2017).

2.2.6. Descomposición

Es definido como el proceso degradativo de la materia orgánica por acción biológica con desprendimiento de energía y la obtención de compuestos simples orgánicos e inorgánicos; así como por medios químicos o térmicos. La total oxidación química solamente deja dióxido de carbono, agua y sólidos inorgánicos (Bermúdez et al., 2023).

2.2.7. Materia orgánica

La materia orgánica se refiere a compuestos formados principalmente por carbono y están vinculados con los seres vivos incluyendo plantas, animales y humanos (Cai & Druzhinina, 2023).

2.2.8. Microorganismos biodegradadores.

Los microorganismos degradadores, o descomponedores, son organismos, principalmente bacterias y hongos, que se encargan de descomponer la materia orgánica muerta, liberando nutrientes y energía para el ecosistema (Bonilla et al., 2020).

2.2.9. Hongos degradadores

Los hongos degradadores, o descomponedores, son organismos que se alimentan de materia orgánica muerta, como hojas, troncos y cadáveres, liberando nutrientes al medio ambiente y desempeñando un papel crucial en el reciclaje de la materia en los ecosistemas (Camacho et al., 2014).

2.2.10. Bacterias degradadoras

Producir ácidos lácticos de azúcares y demás carbohidratos, producidos por la fotosíntesis de bacterias y levaduras. Estos ácidos son compuestos que controlan los microorganismos dañinos ayudando con ello la descomposición de las materias orgánicas (Grijalva, 2013). Las bacterias degradadoras desempeñan un papel esencial en la descomposición de la materia orgánica y en la sostenibilidad. Su capacidad para descomponer compuestos complejos en moléculas más simples permite la recirculación de nutrientes y contribuye a los ciclos biogeoquímicos (Haro et al., 2017).

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Plátano

El plátano (*Musa spp.*) es considerado uno de los rubros de importancia en la sociedad ecuatoriana porque forma parte de los alimentos básicos en la seguridad alimentaria de la población, especialmente en las regiones de la Costa y la Amazonía ecuatoriana (PROECUADOR., 2022). Además, está presente en la mayoría de los sistemas de producción agrícola, generando trabajo e ingresos para miles de ecuatorianos y representa un importante rubro de exportación (Estrada, 2022).

El cultivo de plátano (*Musa spp.*), representa un importante sostén para la economía y seguridad alimentaria del país. Desde el punto de vista socioeconómico, el plátano genera fuentes estables y transitorias de trabajo, además de proveer permanentemente alimentos ricos en energía (Ormaza, 2017).

2.3.2. Plátano en Ecuador

Según datos el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC., 2023)., indica que en el país existen 82.341 ha como monocultivo y 101.258 ha en asocio, con rendimientos de 317.523 t y 171.293 t respectivamente. A pesar de su importancia como producto básico de la canasta familiar de los ecuatorianos y como rubro de exportación, el cultivo de plátano en el país presenta un escaso desarrollo tecnológico, con niveles de productividad inferior a 5 t/a en comparación con los rendimientos de otros países de la región que superan las 10 t/ha.

Entre los factores que provocan la baja productividad están la incidencia de plagas (picudo negro, nematodos y cochinillas) y enfermedades (Sigatoka negra, virosis, marchites por bacteriosis y Fusarium), además del poco manejo de la fertilidad

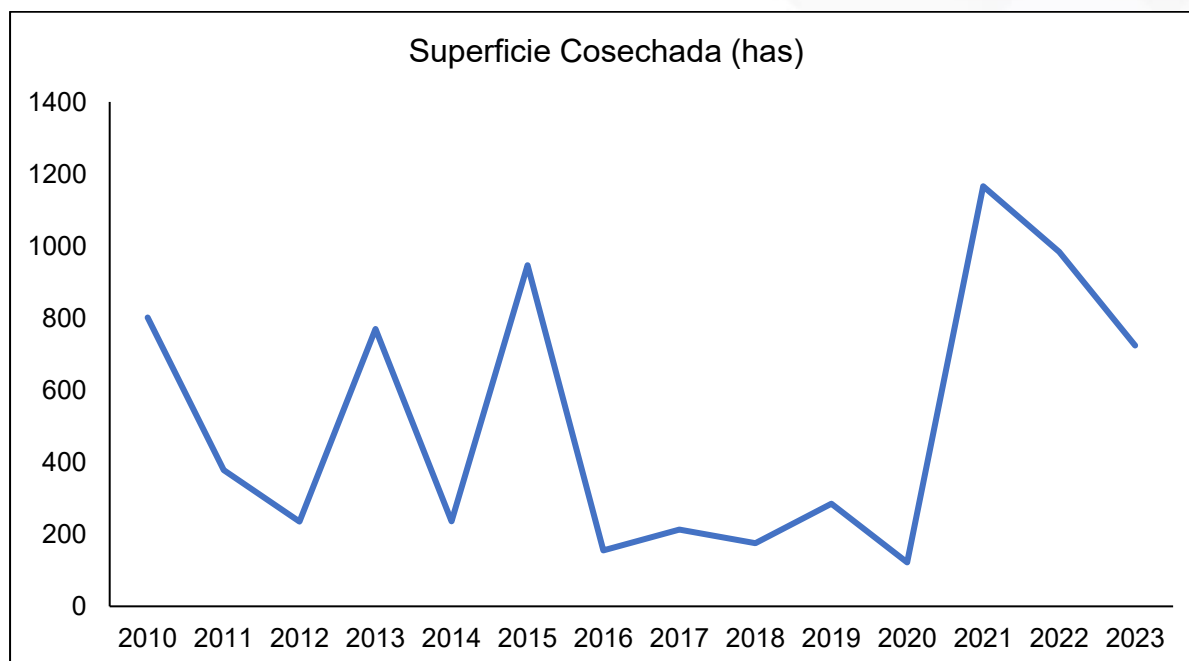
de los suelos, desconocimiento en el uso de tecnologías eficientes y de bajo costos, que limitan las oportunidades para fortalecer la cadena de valor del plátano. En el 2011 se reportan en el país un total de 144981 ha de plátano, de las cuales 86712 ha están bajo el sistema de monocultivo y 58269 ha se encuentran asociadas con otros cultivos (MAG., 2023).

Según la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador (AEBE., 2023), la mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente. Las principales variedades explotadas en estas zonas son el Dominico, que se lo destina principalmente para el auto-consumo y el “Barraganete” que se lo destina en su mayor parte a la exportación.

Con respecto a la evolución de la producción del cultivo, de acuerdo al gráfico 1, se muestra la evolución de la superficie cosechada, medida en hectáreas, entre los años 2010 y 2023, con datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC., 2023). Se observa una variabilidad significativa en la superficie cosechada a lo largo de los años, con períodos de notable disminución y recuperación. En 2010, la superficie cosechada fue de 802 hectáreas, pero en los años siguientes se experimentó una caída, alcanzando su punto más bajo en 2020 con solo 122 hectáreas. Sin embargo, a partir de 2021 se registra un incremento drástico, alcanzando el valor más alto del período con 1.166 hectáreas, seguido de una ligera reducción en 2022 y 2023 con 984 y 724 hectáreas, respectivamente. Estos cambios pueden estar influenciados por factores como condiciones climáticas, políticas agrícolas, demanda del mercado y posibles afectaciones por plagas o enfermedades. La tendencia general sugiere que, luego de un periodo de

inestabilidad, la superficie cosechada ha experimentado una recuperación notable en los últimos años, aunque con cierta fluctuación en 2022 y 2023.

Figura 1. Superficie cosechada de plátano (*Musa paradisiaca*)

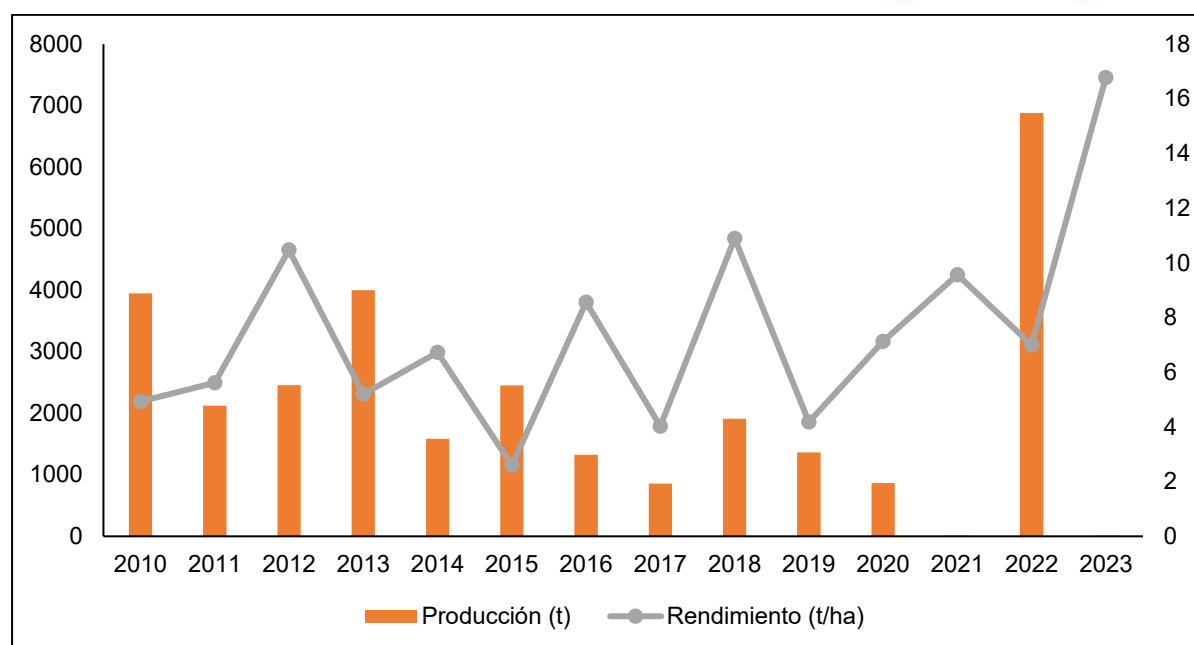


Fuente: (INEC-ESPAC, 2023).

El gráfico 2 muestra la evolución de la producción en toneladas (barras azules) y el rendimiento en toneladas por hectárea (línea verde) entre los años 2010 y 2023. Se observa una gran variabilidad en ambos indicadores a lo largo del tiempo. En 2010, la producción fue de 3.948 toneladas con un rendimiento de 4.93 t/ha. En los años siguientes, la producción disminuyó considerablemente, alcanzando su punto más bajo en 2020 con solo 867 toneladas, aunque con un rendimiento de 7.13 t/ha, lo que sugiere que la superficie cosechada fue menor, pero con una productividad relativamente estable. A partir de 2021, la producción comenzó a aumentar drásticamente, alcanzando su pico en 2023 con 12.150 toneladas y un rendimiento máximo de 16.78 t/ha. Esta notable recuperación puede estar relacionada con mejores prácticas agrícolas, incorporación de nuevas tecnologías, uso de fertilizantes o bioestimulantes y condiciones climáticas más favorables. Sin embargo, la volatilidad

en el rendimiento a lo largo de los años indica que han existido factores que han afectado la estabilidad productiva del cultivo, como plagas, enfermedades o variaciones en la disponibilidad de agua y nutrientes.

Figura 2. Producción y Rendimiento (t/ha) de plátano (*Musa paradisiaca*)



Fuente: (INEC-ESPAC., 2023).

2.3.3. Clasificación taxonómica del plátano

Landázuri (2024) indica que la especie del plátano (*M. paradisiaca*), pertenece al orden Zingiberales, detallándose en la tabla 1 de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del plátano (*Musa paradisiaca*)

Clasificación	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa paradisiaca</i>

Grupo	AAB (Triploide)
Nombre común	Plátano

Fuente: (Landázuri, 2024).

2.3.4. Exigencias edafoclimáticas de *Musa paradisiaca* Var. Hartón

Se estima que un mínimo de 1500 horas luz anuales con un promedio diario de 3 a 4 horas luz para una cosecha rentable, en regiones subtropicales incluso en invernadero, una reducción moderada no interrumpe la producción foliar, la temperatura ideal para el crecimiento, desarrollo y producción de las musáceas, incluyendo el plátano, se encuentra entre 20°C y 30 °C, en el caso específico de nuestro país, indica que la temperatura óptima para el cultivo del plátano oscila entre 20°C y 35.5 °C (Alcívar, 2021).

El plátano prospera en suelo de textura franca, con una adecuada proporción de arena, limo y arcilla, se desaconseja aquellos con una elevada fracción de arcilla (>80 %), ya que limitan el desarrollo radicular por su compactación, bajo contenido de oxígeno y dificultad por la absorción de agua y nutrientes, las raíces del plátano son débiles y no toleran son débiles y no toleran capas endurecidas o suelos con bajas porosidad (Agropedia, 2020).

El cultivo del plátano en suelos con pH entre 5.50 y 8.00, topografía plana, pendiente menor al 2% y contenido de materia orgánica superior al 2%, sin embargo, su rendimiento se ve afectado negativamente en suelos arcillosos con capas compactadas o pedregosas entre 40 y 80 cm de profundidad (Rodríguez et al, 2021).

Las musáceas con crecimiento rápido y sistema radicular controlado, demanda una alta disponibilidad de nutrientes en el momento adecuado, en los primeros meses, el bajo consumo de nitrógeno se refleja en un color verde pálido y un tono rosado en

las vainas, el fósforo es crucial para el desarrollo, causa clorosis en las hojas viejas si es deficiente, su absorción se concentra en los primeros 5 meses, potasio es vital en la floración (Almeida, 2023).

El plátano caracterizado por su veloz crecimiento y amplia superficie foliar, a lo largo de su ciclo vital, manifiesta una alta sensibilidad al estrés hídrico, especialmente durante las etapas iniciales de crecimiento, la floración y el desarrollo del racimo, en promedio, un cultivo de plátano requiere en 1500 y 1700 mm de precipitación anual bien distribuido a lo largo del ciclo, estudios realizados han determinado el consumo diario de agua en plátano hartón, considerando un área foliar promedio de 14 m², en días soleados 30 litros de agua, días nublados 17 litros de agua y días completamente nublado 10 litros de agua (Bata, 2017).

A nivel mundial, Uganda, Camerún y Ghana lideran la producción de plátano, Colombia se ubica en un destacado cuarto lugar, con una producción anual de 4.805.629 toneladas, un rendimiento de 10,6 toneladas por hectáreas y un área cultivada de 536.443 hectáreas (Estrada, 2022).

2.3.5. Prácticas de manejo agrícola

Este conjunto de estrategia busca controlar la humedad relativa y la temperatura dentro de la plantación, dos factores que pueden afectar negativamente el crecimiento y la producción de la musáceas (Mago et al., 2021).

2.3.5.1. Fertilización

La fertilización impacta directamente en su crecimiento y desarrollo, se recomienda la ampliación de fósforo durante la etapa inicial del cultivo para estimular el desarrollo radicular y la formación de estructura vegetativa, posteriormente, durante

la etapa vegetativa, se aconseja la aplicación de nitrógeno y potasio, el nitrógeno es un elemento fundamental para la síntesis de proteínas y clorofila, esencial para el crecimiento foliar y la fotosíntesis, el potasio ayuda en la formación de azúcares y el transporte de agua dentro de la planta, siendo crucial para la fructificación (Carvajalino, 2022).

El plátano, caracterizado por su vigorosa sistema radical y rápido crecimiento vegetativo, posee una alta capacidad de absorción de nutrientes del suelo, es por ello que la fertilización es de gran importancia, se puede implementar en tres modalidades: granular, orgánica y foliar, seleccionando la más adecuada en función de las necesidades específicas del cultivo, las cuales se determinan mediante análisis foliares y de suelo, la dosis de fertilizante a aplicar por planta varía entre los 60 y 120 gramos, dependiendo de la etapa fenológica en que se encuentre el plátano (Coello, 2021).

2.3.5.2. Deshije

Esta práctica se basa en la eliminación selectiva de los hijuelos que brotan de la planta madre, tiene como finalidad evitar que estos sumideros compitan por recursos vitales como agua, nutrientes y luz solar, permitiendo que la planta madre exprese su máximo potencial productivo, reflejado en racimos de mayor tamaño, calidad y número de frutos (Martínez, 2016).

El deshije en el cultivo de plátano se presenta como una práctica esencial para potenciar la producción y minimizar la competencia entre hijos por recursos hídricos y nutricionales, esta técnica consiste en la eliminación selectiva de hijuelos no

deseados, permitiendo precisar el vigor de la planta en el desarrollo de un único hijo principal (Singh y Nain, 2014).

2.3.5.3. Deshoje

La práctica del deshoje es crucial para garantizar la calidad del racimo, tanto para el mercado interno como para la exportación, se considera que un racimo optimo requiere de ocho a nueve hojas al momento de la emisión de la inflorescencia, además debido a la problemática fitosanitaria de la sigatoka negra, se recomienda realizar deshoje como mínimo cada dos semanas, eliminando las hojas o secciones afectadas por la enfermedad (Álvarez, 2018).

2.3.5.4. Control de arvenses

El manejo de maleza en el cultivo del plátano es una práctica fundamental, ya que estas plantas compiten por recursos esenciales como agua, luz y nutrientes, además de ser potenciales hospederas de enfermedades e insectos plagas, pueden afectar significativamente el rendimiento y la calidad del cultivo (Díaz, 2018).

El control manual de arvenses, realizado con machete, presenta un bajo costo inicial pero es lento, requiere alto mano de obra y presentan un rápido recrecimiento, en diferencia, los métodos mecánicos, basados en maquinaria, ofrecen mayor rapidez, con menor demanda de personal, otra alternativa es el control químico, mediante herbicidas de contacto como el diquat 2-4 D para maleza de hoja ancha y sistémicos el glifosato para gramíneas (Sopan, 2020).

2.3.5.5. Desbellote

El desbacote, una práctica realizada a los 20 días de la floración, consiste en la eliminación de la bellota y las ultimas manos falsas del plátano, esta técnica tiene como objetivo principal estimular el crecimiento y desarrollo de las manos superiores del racimo, incrementando así su tamaño y peso final (Mahalakshmi & Linnett, 2016).

2.3.5.6. Embolsado

La protección del racimo comienza en la etapa de floración, mediante la colocación de una funda o bolsa plástica, esta medida tiene como función principal evitar daños por insectos, contacto con hojas, quema por radiación solar y otros factores ambientales que pueden afectar al desarrollo y la calidad del racimo, la funda actúa como una barrera protectora, permitiendo un crecimiento sano y optimo del racimo (Noboa, 2021).

Según Pinedo et al. (2022), la finalidad principal de resguardar la fruta de potenciales daños ocasionados por agentes externos, insectos, los cuales pueden afectar negativamente la calidad del producto final.

2.3.5.7. Horqueteo y soporte de planta

Evitar que el peso del racimo dañe la planta madre, es crucial brindarle soporte, se puede utilizar horquetas o estructura de soporte con cuerdas para sostener el racimo y prevenir su caída de la planta, el tutorado del plátano debe realizarse en dirección contrario a la inclinación natural de la planta, en caso de utilizar cuerdas, se debe realizar un nudo en la parte superior de pseudotallo, en la base de los peciolo entre la tercera y cuarta hoja, formando un ángulo de 45 grados (Romero et al., 2023).

2.3.5.8. Cosecha

Luego de la recalibración, se procede con el corte cuidadoso de los racimos para preservar su calidad, el corte se realiza por encima de la cicatriz del raquis, depositando el racimo en la cuna correspondiente hasta su traslado al cable vía a la empacadora (Coello, 2021), por otra parte la cosecha del racimo se identifica en la edad fisiológica, y el estado del dedo central de la segunda mano, estos parámetros son importante para determinar las especificaciones del mercado de destino, asegurando el momento óptimo de madurez y calidad para satisfacer las demandas del mercado local (Singh & Nain, 2014).

La cosecha se lleva a cabo en dos etapas, primero se retira la bolsa protectora que cubre cada racimo, luego, se procede a cortar el pseudotallo a la altura de 1.40 m aproximadamente, generando un doblamiento controlada de la planta que facilite la atracción del racimo sin causar daños (Zaini et al., 2022).

2.3.6. Residuos de cosecha

El perfil costanero del país, es una de las zonas más degradadas de la nación, debido a la pérdida de equilibrio provocada por el exceso de químicos en el sector platanero, lo que incide a una reducción de la producción agrícola y la actividad microbiana (Verma et al., 2021). El propio crecimiento económico a menudo conduce a la descomposición del medio ambiente y los recursos naturales (Ahmad et al., 2021). El problema no es elegir entre desarrollo y medio ambiente, sino recomendar medios económicos para restaurar, mantener y proteger el sistema natural, producir alimentos limpios y saludables y de esta manera se puedan generar alternativas que permitan dar un mejor manejo a los residuos (Bermúdez et al., 2023).

En la cosecha se corta la planta para descender el racimo, generándose como residuos lignocelulósicos el tallo y las hojas. Una vez que el racimo llega a la planta

de empaquetado se genera otro residuo, el raquis del racimo. La relación entre residuo y producto de plátano es de 2:1. Los residuos lignocelulósicos se dejan sobre el suelo o se llevan a vertederos a cielo abierto. En el primer caso, contribuyen a mantener la humedad del suelo y aportar materia orgánica, pero suponen un riesgo potencial de diseminación de enfermedades; y en ambos casos se generan gases de efecto invernadero al descomponerse (Simarmata et al., 2021).

Además de los residuos lignocelulósicos se genera otro residuo, que es el fruto descartado que no ha logrado alcanzar los estándares de calidad para venta y exportación. El índice de rechazo puede variar entre el 8 y el 20%. Este residuo sirve para alimentación animal, pero la mayoría de los productores prefieren dejarlo descomponerse al aire libre por razones económicas (Jaramillo, 2020).

Los residuos de las cosechas de plátano son en su mayoría hojas, pseudotallos y restos de fruto (Bahatkar et al., 2023). Las hojas y los pseudotallos contienen niveles importantes de lignocelulosa, mientras que los restos de fruto presentan en su composición gran cantidad de micronutrientes (Gupta et al., 2022). Estas propiedades hacen de los residuos sustratos eficientes para algunos hongos basidiomicetos, especialmente hongos de la podredumbre blanca, los cuales producen enzimas ligninolíticas capaces de degradar completamente la lignina, polímero conformado por p-hidroxí-cinnamil alcohol, y metabolizar los monómeros fenólicos en compuestos aromáticos de interés tales como vainilla, ácido ferúlico y eugenol, por lo tanto, todos estos metabolitos son importantes para la industria alimentaria, farmacéutica y de colorantes (García et al., 2020).

Las estadísticas de la FAO muestran que el banano se cultiva en más de 130 países y produjo aproximadamente 125 millones de toneladas de fruta en 2021. La

principal preocupación de la producción de banano son los residuos generados. El banano da frutos solo una vez en su vida, lo que los vuelve inútiles después de la cosecha (Ahmad et al., 2023). Esta enorme cantidad de residuos de biomasa se elimina en campos agrícolas, se quema en el sitio o se vierte a lo largo de carreteras y vías férreas, lo que plantea problemas ambientales. Dado que esta biomasa contiene un alto porcentaje de material celulósico, maximizar la recuperación de estos residuos es fundamental (Bermúdez et al., 2023).

Los desechos de banano generalmente incluyen raquis de banano (BR), pseudotallo de banano (BPS), cáscaras de banano (BP) y hojas de banano. Cada tonelada de fruta de banano cosechada rinde tres toneladas correspondientes de BPS, 300 kg BP y 150 kg BR (Bonilla et al., 2020). Comúnmente se generan desechos de banano sustanciales durante la producción de harina de banano, chips, puré y productos de banano congelados. En plantaciones de banano a gran escala, los bananos perdidos durante la cosecha pueden ser rechazados y dejados en el campo (García et al., 2020). La gestión inadecuada de los desechos de banano puede conducir a contaminación ambiental, como contaminación del agua y del suelo. Sin embargo, esta economía circular solo puede realizarse si se incluyen tecnologías para recuperar las pérdidas de desechos de banano, incluidos los desechos de banano generados en el hogar (Guerrero et al., 2016).

En ese sentido, cuando los residuos de las plantas se devuelven al suelo, éstos se descomponen a través de un proceso denominado mineralización de la materia orgánica. La descomposición es un proceso biológico que incluye cambios físicos y transformación bioquímica de moléculas orgánicas complejas en moléculas orgánicas e inorgánicas más simples (Haro et al., 2017).

2.3.7. Descomposición de residuos

La descomposición de la materia orgánica es un procedimiento que se puede alterar por perturbaciones que se muestran en los diferentes usos del suelo gracias a ocupaciones antropogénicas. Esto perjudica los servicios del medio ambiente, los ecosistemas tienen la posibilidad de dar la variedad que está presente en todos estos (Zambrano, 2022).

Los hongos alteran la materia orgánica más fuerte, acumulando en el suelo los nutrientes atraídos y la liberación de dióxido de carbono. Las bacterias alteran sustratos de uso simple, como las exudaciones de raíces y residuos frescos de plantas (García et al., 2020). Las lombrices terrestres inician con la actividad de microorganismos por medio de fragmentaciones de materia orgánica. Los insectos como las termitas ciempiés, roedores, ácaros y cucarachas, mastican las hojas, raíces, tallos y troncos de árboles en trozos pequeños que son de alimento para bacterias y hongos en el área (Paladines y Tinoco, 2019).

La temperatura es una de las condiciones del medio ambiente fundamental determinan la velocidad en la metabolización de los residuos orgánicos, un cambio en la temperatura alteraría la estructura de especies y tiempo de predominación directa sobre la forma de la descomposición (Moreno y Vásquez, 2019). Brindha et al. (2019) reiteran que la descomposición comprende mecanismos físicos (fragmentación), químicos (oxidación) y biológicos (ingesta y digestión) que convierten la materia orgánica en maneras cada vez más estables. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para la fermentación de los desechos orgánicos. Las sustancias bio activas producidas por las levaduras como hormonas y enzimas, promueven la clasificación activa de células y raíces. Esta

secreción además forma sustratos útiles para los Microorganismos como las bacterias ácido lácticas y los actinomicetos.

Las diferentes especies de Microorganismos (bacterias fotosintéticas y ácidas lácticas y levaduras) tienen sus funciones respectivas. A excepción de las bacterias fotosintéticas son consideradas el eje central de la actividad de estos microorganismos. Las levaduras sintetizan sustancias útiles de aminoácidos y azúcar que forma segregados por bacterias fotosintéticas, elaboran hormonas y enzimas que activan la segmentación celular, su secreción forma sustratos útiles para los microorganismos activos como bacterias del ácido láctico y los actinomicetos (Rodríguez et al., 2021).

Al utilizar biofertilizantes beneficiados con microorganismo eficientes en cultivos, disminuye la utilización de los plaguicidas. Estos ayudan a contribuir al consumidor obteniendo productos más sanos y naturales. Son utilizados también como germinador de semillas se obtendrá los mejores resultados (Shinde et al., 2022).

Los factores que limitan en el desarrollo de la descomposición de materiales de desechos agrícolas convertidos en compost es debido a la aceleración, tiempo, temperatura, humedad, el grado ácido que este conteniendo por lo que dependiendo de las bacterias con la que se traten será necesario su control y también lograr mejores resultados (Simarmata et al., 2021).

2.3.7.1. Factores de la descomposición de residuos vegetales

La función del crecimiento de la actividad microbiana del abono, inicia a continuación de la fase de mezcla de los elementos. La acción microbiológica puede

ser afectada por la carencia de oxigenación y el exceso o carencia de humedad (Tortora et al., 2023). Vargas (2019) señala que la preparación de esta clase de abono necesita que el pH oscile entre un 6.0 y un 7.5 debido a que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica a lo largo del proceso de la descomposición de los materiales. Vásquez (2019) afirma que la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre el 50 y 60% (en peso) o sea, los materiales están vinculados a una fase de oxigenación.

La presencia del oxígeno y una buena aireación es un elemento fundamental para que no existan restricciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se evalúa que al menos debería existir de 5 a 10% de concentración de oxígeno en los macro poros de la masa (Verma et al., 2023). Al reducir el tamaño de las partículas de los componentes muestran un favorable beneficio de incrementar el área para la descomposición microbiana. No obstante, las presencias excesivas de partículas muy pequeñas son capaces de llegar a una compactación, que favorecerán el desarrollo de condiciones anaeróbicas (Zaini et al., 2022).

2.3.8. Microorganismos descomponedores

Los microorganismos heterotróficos mayoritarios en el suelo, constituyen los organismos descomponedores más importantes y son la base de las cadenas tróficas detritívoras. De esta manera, la diversidad, la actividad, la abundancia y distribución de la mayor parte de la población microbiana edáfica resultará controlada por el ritmo con que el material energético, entra en forma de materia orgánica (Vásquez, 2019).

Solano et al. (2022) menciona que el impacto en la microbiología del suelo suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan

en el suelo por competencia. Se incrementa la biodiversidad microbiana, genera condiciones primordiales para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Los microorganismos eficientes activos que incorporan nutrientes que son extraídos de la materia orgánica aportan una gran resistencia contra el stress hídrico también proporciona una extensa potencialidad para la mineralización del carbono, optimizan la propiedad del suelo permitiendo una mejor penetración del sistema radicular e incrementa la resistencia al ataque de patologías. Además, cabe recalcar la utilización en gallinas y cerdos como complemento alimenticio también como reductores de los malos olores asociados con los animales (Romero y Loayza, 2023).

En la actualidad los microorganismos son utilizados en el cultivo de banano orgánico (Recalde, 2013). Pinedo et al. (2022) reitera que los microorganismos en la agricultura, restablece la estabilidad microbiológica del suelo, perfeccionando sus condiciones físicoquímicas, aumenta la producción de los cultivos y su custodia, además preserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sustentable.

2.3.8.1. *Trichoderma*

Trichoderma spp. corresponde a la subdivisión Deuteromicete y es un hongo anaerobio facultativo, anamorfo y de reproducción asexual, la cual se caracteriza por la formación de conidios, su estadio sexual es conocido como Hypocrea. También es un hongo de vida libre en suelos y ecosistemas de raíz y puede estar presente en la materia orgánica de los suelos y en residuos de cultivos (Romero y Loayza, 2023).

Macías (2022), comenta que los principales beneficios agrícolas del *Trichoderma*, son los siguientes:

- a) Ofrece un control eficaz de enfermedades de plantas.
- b) Posee un amplio rango de acción.
- c) Elevada propagación en el suelo, aumentando sus poblaciones y ejerciendo control duradero en el tiempo sobre hongos fitopatógenos.
- d) Ayuda a descomponer materia orgánica, haciendo que los nutrientes se conviertan en formas disponibles para la planta, por lo tanto, tiene un efecto indirecto en la nutrición del cultivo.
- e) Estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas.
- f) Puede ser aplicado en compostaje o materia orgánica en descomposición para acelerar el proceso de maduración de estos materiales, los cuales a su vez contendrán el hongo cumpliendo también función de biofungicida.
- g) Favorece la proliferación de organismos benéficos en el suelo, como otros hongos antagónicos.
- h) Mejora la nutrición y la absorción de agua.
- i) Moviliza nutrientes en el suelo para las plantas, entre otros.

2.3.8.2. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) pertenecen al grupo de bacterias Gram-positivas, sin esporulas, ni pigmentos, catalasas negativas, mayormente nitratos reductores negativas con capacidad de desarrollarse en rangos de pH que van de 4.0 hasta 4.5; anaerobias facultativas o microaerofílicas, La frase significa que algunas bacterias descomponen los alimentos de una manera que produce ácido láctico, y otras producen cosas diferentes. Se denominan bacterias homolácticas o heterolácticas, según lo que produzcan (Jaramillo, 2020).

La principal tarea de LAB es producir ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico, que puedan producirse de forma rápida y fiable para la fermentación. La fermentación de la lactosa produce ácido láctico, que añade un sabor picante a los productos lácteos fermentados, mejora su consistencia y textura en los quesos y previene el crecimiento de bacterias dañinas (Gupta et al., 2022). Además, garantizan la consistencia y calidad del producto final y, en algunos casos, el contenido nutricional de los alimentos. Las enzimas en el proceso de elaboración del queso tienen la capacidad de descomponer proteínas y grasas, particularmente durante la etapa de maduración, y también contribuyen a la producción de alcohol (Camacho et al., 2014).

Estas bacterias suelen acelerar el proceso al descomponer compuestos orgánicos como la lignina que produce el ácido láctico partiendo de los azúcares y carbohidratos. Adicionalmente, estas bacterias evitan la descomposición de la sustancia (generan sustancias nocivas como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno), lo que da lugar a la fermentación, proceso adecuado para evitar olores indeseables y reducir los intermedios (moscas, roedores, etc.) y producir aminoácidos y ácidos orgánicos (Brindha et al., 2019).

2.3.8.3. Saccharomyces.

Es un organismo eucariótico unicelular de fácil manejo, con rápida velocidad de división y crecimiento, fácil de cultivar y con unos mecanismos de regulación celular semejantes a los de los organismos pluricelulares. Debido al alto grado de conservación de las rutas bioquímicas y a que la maquinaria molecular de muchos procesos celulares es similar a los de las plantas y mamíferos, la levadura ha sido

manejada como modelo de célula eucariota para estudiar procesos biológicos y realizar análisis de genómica funcional (Macias et al., 2022).

S. cerevisiae es la especie de levaduras utilizada por excelencia a nivel industrial debido a que es un microorganismo de fácil manipulación y recuperación, no es exigente en cuanto a su cultivo, no presenta alto costo, tolera altas concentraciones de etanol, en la fermentación produce bajos niveles de subproductos y es capaz de utilizar altas concentraciones de azúcar (Solano et al., 2022).

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Por su naturaleza, el trabajo de investigación tiene el carácter de experimentación, y observación, pudiendo determinar la evaluación de microorganismos efectivos que aceleran la descomposición del residuo del plátano.

3.1.2. Diseño

La investigación tuvo un diseño experimental (DBCA), debido a que se evaluó el efecto biodegradador de microorganismos en la descomposición de residuos (raquis, pseudotallo, y hojas de plátano), además consistió en el manejo de variables en laboratorio y en campo

3.2. La población y la muestra

3.2.1. Población

La población del estudio estuvo compuesta por 1 hectárea con alrededor de 300 plantas/ha⁻¹, considerando las fechas de cosecha, por lo que fue necesario trabajar con un buen número de unidades experimentales por tratamiento.

3.2.2. Muestra

Para la presente investigación se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBA) con cinco bloques y cuatro tratamientos. El modelo estadístico, bajo el cual se analizaron las variables de respuesta es el siguiente:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

γ_{ij} Variable dependiente o variable independiente

μ Efecto de la media general

τ_i Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j Efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} Error experimental del tratamiento

El esquema del análisis de varianza se presenta en la Tabla 2:

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza utilizarse en el ensayo

Fuentes de variación		Grados de libertad
Bloques	b-1	4
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	(t-1) (b-1)	12
Total	bt-1	19

3.2.3. Tratamientos a evaluar

Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

Tabla 3. Tratamientos evaluados

Nº	Descripción	Concentración del producto
T1	<i>Testigo</i>	
T2	<i>Trichoderma</i>	$>1 \times 10^8$ UFC/mL
T3	<i>Bacterias ácido lácticas (Lactobacillus spp)</i>	$>1 \times 10^8$ UFC/mL
T4	<i>Sacharomyces spp</i>	$\geq 1 \times 10^8$ UFC/mL

Diseño Experimental

El presente estudio se ejecutó conforme a un diseño de bloques completos al azar, incorporando cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada

tratamiento se dividió en cinco unidades experimentales distribuidas en cada bloque, lo que resultó en veinte unidades experimentales por tratamiento (5 bloques $\times$ 4 tratamientos = 80 unidades experimentales en total).

Asignación de Tratamientos

La asignación de tratamientos a las unidades experimentales se llevó a cabo mediante un procedimiento totalmente aleatorio en el interior de cada bloque, recurriendo a una tabla de números aleatorios que permite asegurar la independencia de las observaciones e incrementar la validez del diseño.

Análisis Estadístico

Se ejecutó un análisis de varianza, considerando tratamientos y bloques, en el marco del diseño de bloques completos al azar. Antes del procesamiento, se comprobaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene, considerando ambas condiciones necesarias para la inferencia estadística adecuada.

3.2.4. Procedimiento

Para la aplicación de los microorganismos se consideró el periodo de cosecha para obtener un buen nivel de residuos para distribuir los tratamientos en campo, residuos fueron ser fraccionados para facilitar los procesos de descomposición. La aplicación de los tratamientos se realizó al inicio de la investigación, sin embargo, de manera semanal se hidrataron las muestras para acelerar el proceso de biodescomposición de los residuos. La investigación se realizó durante 8 semanas para evaluar los periodos de descomposición o biodescomposición de los residuos, los datos fueron tomados de manera semanal de acuerdo a las variables planteadas.

Una vez que los datos fueron obtenidos se procedió a enviar la muestra del tratamiento que obtuvo la mayor descomposición al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias para determinar el nivel de biodescomposición, así como el contenido de materia orgánica en el residuo.

3.3. Los métodos y las técnicas

3.4.1. Métodos

- **Método analítico deductivo.** - Se desarrolló el método analítico–deductivo debido a que se deduce que el uso de microorganismos genere respuestas positivas en la biodescomposición de residuos de plátano, lo que permitió obtener conclusiones y recomendaciones a partir de un análisis práctico-científico.
- **Método Exploratorio.** - Se utilizó el método exploratorio en esta investigación debido a que se exploraron investigaciones respecto al uso de microorganismos como *Trichoderma*, bacterias ácido lácticas, y *Sacharomyces spp* en la biodescomposición de residuos del cultivo.
- **Método de campo.** - Se empleó el método de campo debido a que la investigación se realizó bajo condiciones de campo en una finca ubicada en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos, Ecuador.

3.4.2. Técnicas

La información se obtuvo mediante la observación directa en campo, así como de diversas fuentes de búsqueda, entre ellas las siguientes:

- Fuentes primarias por medio de la observación directa en el campo para medir los parámetros de descomposición del residuo.

- Las fuentes secundarias se obtuvieron de artículos científicos de alto impacto, libros, revistas científicas, entre otros.

3.4.3. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron fueron bitácoras y fichas de observación para medir las variables. Los datos se tomaron de manera semanal en campo bajo las siguientes variables:

Precocidad de descomposición. - Se midió el tiempo transcurrido desde el día que se realizó la aplicación hasta el momento en el que se observa la mayor biodescomposición.

Temperatura. - se midió la temperatura en °C para determinar el tiempo de descomposición según los valores de temperatura.

Eficiencia biológica (EB).- Se midió la relación proporcional en porcentaje del peso fresco y el peso seco del residuo.

$$EB = \frac{\text{Peso fresco del residuo (kg)}}{\text{Peso seco del residuo (kg)}} \times 100$$

Análisis proximal. - Se recolectaron muestras de los tratamientos en descomposición, y se escogió el tratamiento que logró el mayor porcentaje de descomposición para luego ser enviada al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en donde se evaluó el contenido nutricional del residuo orgánico descompuesto. Para ello, se seleccionaron las muestras tratadas con los microorganismos que presenten mayor eficiencia en la descomposición (según la pérdida de peso, textura, o tiempo de descomposición observado). Estas muestras determinaron parámetros el contenido de nutrientes esenciales (N, P, K, Ca, Mg, entre otros), utilizando técnicas estandarizadas como la metodología de la AOAC

(Association of Official Analytical Chemists).

3.5. Procesamiento estadístico de la información

Para el tratamiento de los datos se procedió a realizar una matriz de Excel, para ordenar y realizar un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el programa estadístico Infostat. Los efectos significativos fueron sometidos a una separación de medias con el método de Tukey con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

4.1.1. Tiempos de descomposición de los residuos de plátano en relación a la aplicación de microorganismos.

De acuerdo a la tabla 4, la aplicación de los tratamientos microbianos (*Trichoderma*, *Lactobacillus spp*, y *Saccharomyces spp*) tuvo un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$) sobre la descomposición de residuos de plátano, con valores crecientes de descomposición en 7 semanas de evaluación, observándose que el uso de *Saccharomyces* (T3) fue el más eficiente de acuerdo a los porcentajes de descomposición o descomposición semanal (S3: 20% S5: 70% y S7: 92%), sin embargo el tratamiento que presentó el menor porcentaje de descomposición en el tiempo fue el tratamiento (T0= Testigo), con el 8, 38 y 60% hasta la semana 7. Estos valores podrían coincidir con las propiedades fermentativas y enzimáticas de las levaduras y bacterias ácido lácticas que aceleran los procesos de descomposición.

Tabla 4. Precocidad de descomposición de los residuos de plátano (%) tratado con microorganismos (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*).

Tratamientos	S3	S5	S7
T0= Testigo	8.00 a	38.00 a	60 a
T1= <i>Trichoderma</i>	10.00 b	55.00 b	80 b
T2= Bacterias ácido-lácticas (<i>Lactobacillus spp</i>)	15.00 c	64.00 c	88 c
T3= <i>Sacharomyces spp</i>	20.00 d	70.00 d	92 d
CV (%)	17%	9%	21%
P<0.05	<0.001	<0.001	<0.001
Shapiro-Wilk: P>0.05			
Levene: P>0.05			

*S3-7= Semana 3 a la 7. *CV% = Coeficiente de variación. *abc = letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. *P>0.05 = Prueba de Tukey.

Los datos morfológicos aquí expuestos se vinculan con el segundo objetivo específico que orientó esta investigación, el cual consistía en dilucidar las transformaciones morfológicas acaecidas a lo largo del proceso de descomposición. Los resultados evidencian una disminución progresiva y estadísticamente significativa en cada una de las estructuras sometidas a análisis.

4.1.2. Eficiencia de los microorganismos en la descomposición de residuos de plátano *M. paradisiaca* y parámetros morfológicos.

4.1.2.1. Longitud de los residuos (pseudotallo cm)

La tabla 5 demuestra la eficiencia de los microorganismos en la descomposición de residuos de plátano, evidenciando diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos y en todas las semanas evaluadas (P<0.0001).

En la semana (S1) se registraron valores comprendidos entre 144.75 y 160.25 cm. Sin embargo, a partir de la semana 2 (S2), se observó un claro efecto de los microorganismos en la descomposición de los residuos. Adicionalmente, hasta la semana siete (S7) el tratamiento (T3= *Saccharomyces spp*), fue el más eficiente, alcanzando la menor longitud (42.35 cm), mientras que el tratamiento (T0= Testigo) que obtuvo un valor de 117.20 cm. Este patrón indica que los microorganismos utilizados lograron potenciar la biodescomposición del material con altos contenidos de fibra y lignina, siendo más notoria la acción combinada de enzimas como celulasas y hemicelulasas que aceleraron el proceso de mineralización de la biomasa.

Tabla 5. Longitud de descomposición del pseudotallo tratado con microorganismos (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
T0= Testigo	160.25 b	157.85 b	151.75 c	146.79 c	136.75 b	126.75 c	117.20 d
T1= <i>Trichoderma</i>	145.90 ab	142.02 a	137.15 ab	130.49 ab	122.30 ab	109.55 b	88.55 c
T2= <i>Bacterias ácido lácticas</i>	144.75 a	139.29 a	130.62 a	122.35 a	110.45 a	93.50 a	61.80 b
T3= <i>Sacharomyces spp</i>	160.19 b	154.40 b	147.50 bc	139.60 bc	123.40 ab	99.10 ab	42.35 a
CV (%)	8.93	9.13	10.11	10.64	14.48	16.88	23.47
P<0.05	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Shapiro-Wilk	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05
Levene	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05

*S1-7= Semana 1 a la 7. *CV% = Coeficiente de variación. *abc = letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. *P>0.05 = Prueba de Tukey.

Los datos presentados apoyan el logro del tercer objetivo específico, el cual se orienta a evaluar la eficiencia biológica de cada microorganismo analizado. Bajo estas condiciones, el tratamiento testigo registro el mayor porcentaje de retención de sólidos, alcanzando un 117.20%.

4.1.2.2. Longitud del raquis (cm)

Con respecto a la longitud del raquis, en la tabla 6 se muestra la eficiencia de los microorganismos en la descomposición de este residuo, evidenciando diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos y en todas las semanas evaluadas ($P < 0.0001$).

En el análisis semanal se evidenció que los datos iniciales a la semana 1 (S1), estuvieron comprendidos entre 91.10 y 75.38 cm. No obstante, a partir de la semana 2 (S2), se observaron diferencias y cambios significativos ($P < 0.0001$) en todos los tratamientos, resaltando con la menor tasa de descomposición el T2= Bacterias ácido lácticas con 78.62 cm, mientras que el T3= *Sacharomyces spp* obtuvo la menor tasa de descomposición con 81.35, valor que fue consistente con la longitud inicial del raquis. Este comportamiento fue similar en todas las semanas de evaluación, diferenciándose el efecto de los tratamientos en la descomposición del residuo.

Hasta la semana siete (S7), el tratamiento que demostró la mayor efectividad en la descomposición de la longitud del raquis fue el T3= *Sacharomyces spp* con un valor de 14.40, mientras que el T0= Testigo obtuvo 34.70 cm al final de la evaluación. Estos valores responden a la capacidad biodegradadora de los microorganismos.

Tabla 6. Longitud de descomposición del raquis tratado con microorganismos (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
T0= Testigo	75.38 a	73.01 a	67.55 a	60.09 a	55.25 a	43.25 b	34.70 c
T1= <i>Trichoderma</i>	91.10 c	87.21 c	83.11 c	73.85 b	68.05 b	52.25 c	32.10 c
T2= <i>Bacterias ácido lácticas</i>	83.10 b	78.62 ab	74.25 b	62.45 a	56.59 a	37.90 ab	20.10 b

<i>T3=</i>	81.80 a	81.35 bc	75.45 b	62.05 a	55.25 a	31.80 a	14.40 a
<i>Sacharomyces spp</i>							
CV (%)	9.55	9.89	10.49	12.08	13.28	18.65	19.93
P<0.05	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Shapiro-Wilk:	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05
Levene:	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05

*S1-7= Semana 1 a la 7. *CV% = Coeficiente de variación. *abc = letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. *P>0.05 = Prueba de Tukey.

Los análisis aportados en este estudio permiten atender el tercer objetivo específico referido a la caracterización nutricional del material en descomposición, y confirman el aumento en la concentración de nutrientes esenciales—nitrógeno, fósforo y potasio—resultante del tratamiento con cepas de *Saccharomyces spp*.

4.1.2.3. Longitud de la hoja (cm)

Los datos observados muestran diferencias estadísticas significativas ($P<0.001$) en la descomposición de las hojas de plátano a lo largo de las semanas evaluadas, a excepción de la semana 1 y 2 (S1; S2), según los tratamientos aplicados. En la semana 1 (S1), los valores de longitud de la hoja mantuvieron un promedio entre 209.40 a 241.55 cm. Sin embargo, a medida que avanzaron las semanas, particularmente desde la semana 3 y 4 (S3; S4), registraron los menores valores en la descomposición en el *T3= Sacharomyces spp* con 184.27 cm y 155.75 cm, mientras que el tratamiento que obtuvo la menor tasa de descomposición fue el tratamiento T1 (*T1= Trichoderma*) con valores entre 232.01 y 211.05 cm.

A partir de la semana S5 se redujo drásticamente (0 cm) la descomposición en todos los tratamientos, lo que pudo deberse a las condiciones climáticas (precipitaciones) y altas temperaturas registradas durante el proceso.

Tabla 7. Longitud de descomposición la hoja tratados con microorganismos (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
T0= Testigo	209.40 a	206.73 a	199.20 ab	179.50 ab	-	-	-
T1= <i>Trichoderma</i>	241.55 a	347.12 a	232.01 b	211.05 b	-	-	-
T2= <i>Bacterias ácido lácticas</i>	212.45 a	206.91 a	194.76 a	169.90 a	-	-	-
T3= <i>Sacharomyces spp</i>	210.55 a	194.05 a	184.27 a	155.75 a	-	-	-
CV (%)	18.15	14.85	19.45	23.49	-	-	-
P<0.05	0.0350	0.1790	0.0020	0.0008	-	-	-
Shapiro-Wilk:	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	-	-	-
Levene	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05	-	-	-

*S1-7= Semana 1 a la 7. *CV% = Coeficiente de variación*abc = letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. *P>0.05 = Prueba de Tukey.

4.1.3. Eficiencia biológica

La eficiencia biológica de los microorganismos demostró la efectividad en cuanto a los pesos obtenidos al inicio (S1) y al final de la evaluación (S7), lo cual resalta la proporción del peso final respecto al valor inicial en cada uno de los tratamientos. En el peso fresco (kg) no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($P>0.005$), mientras que en el peso seco (kg) se observaron diferencias significativas ($P<0.0001$), obteniendo promedios comprendidos entre 25.40 a 37.10 respectivamente.

En el porcentaje de eficiencia biológica, el tratamiento T2= *Bacterias ácido lácticas* presentó el mayor porcentaje de peso seco (kg) con 61.20%, indicando una mayor retención de sólidos tras la descomposición, mientras que el tratamiento T3= *Saccharomyces* mostró el menor porcentaje con menor valor (49.52%). La respuesta

de los tratamientos en los residuos influye de manera importante en la velocidad y eficiencia de la descomposición.

Tabla 8. Eficiencia de los microorganismos (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*) en la descomposición de residuos en plátano (*Musa x paradisiaca* L).

Tratamientos	Peso fresco (kg)	Peso seco (kg)	Porcentaje (%)
T0= Testigo	48.13 a	37.10 c	51.87 a
T1= <i>Trichoderma</i>	47.38 a	30.35 b	52.63 a
T2= <i>Bacterias ácido lácticas</i>	49.33 a	30.50 3	61,20 b
T3= <i>Sacharomyces spp</i>	50.73 a	25.40 a	49,52 a
CV (%)	10.15	17.68	10.12
P<0.05	<0.01	<0.0001	<0.01
Shapiro-Wilk	P>0.05	P>0.05	P>0.05
Levene	P>0.05	P>0.05	P>0.05

*S1-7= Semana 1 a la 7. *CV% = Coeficiente de variación. *abc = letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. *p>0.05 = Prueba de Tukey.

4.1.4. Temperatura de la descomposición de residuos

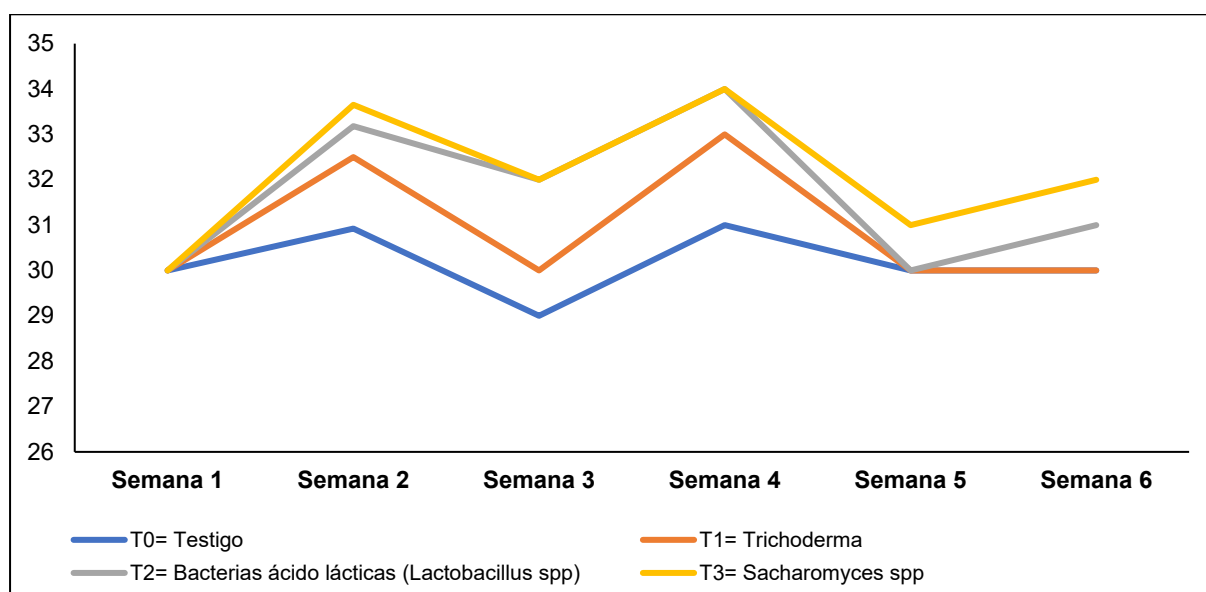
La figura 3 muestra la evolución de la temperatura durante la descomposición de residuos de plátano (pseudotallo, raquis y hojas) bajo diferentes tratamientos (*Trichoderma*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacchaormyces spp*), a lo largo de siete semanas de evaluación.

Se observa que, dentro de las evaluaciones, el tratamiento que presentó los picos más altos de temperatura fue el T1 (*Trichoderma*), especialmente a las semanas 2 y 4 (S2; S4), superando los 33°C. Además, el tratamiento T2= *Lactobacillus spp* también supera al testigo, pero con temperaturas intermedias. Por otro lado, el T0=

Testigo presentó las temperaturas más bajas y con menores fluctuaciones, manteniéndose por debajo de los 32°C durante toda la evaluación.

En este sentido, el aumento de temperatura en los tratamientos con microorganismos indica una mayor actividad microbiana y una aceleración en los procesos de descomposición, ya que la generación de calor es un reflejo del metabolismo intenso sobre la materia orgánica, mientras que la caída de temperatura a partir de la semana 5 (S5) sugiere una reducción de la actividad microbiana, probablemente por las características del residuo, condiciones ambientales, entre otros.

Figura 3. Temperatura en la descomposición de residuos tratados (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*)



4.1.5. Composición química de la descomposición de los residuos de plátano como método de adición nutricional al suelo.

El análisis obtenido tras la descomposición de residuos de banano con *Saccharomyces* revela una muy alta concentración de macronutrientes, N, P y K. Estos niveles superan ampliamente los umbrales típicos de enmiendas orgánicas y minerales, lo que podría indicar una excelente mineralización del material orgánico y su potencia como fuente inmediata de nutrientes para el suelo.

Sin embargo, el contenido de nitrógeno total fue de (1.2%), lo cual indica un valor elevado y deseable en productos compostados o fermentados. Este contenido de nitrógeno representa una buena fuente de fertilización para cultivos en general. Además, se detecta una concentración muy elevada de fósforo (6664 ppm), potasio (6582 ppm) y calcio (6634 ppm), mientras que el cobre resulta muy bajo (6 ppm).

La presencia de hierro en exceso podría generar efectos fitotóxicos o alterar de manera negativa a la microbiota del suelo, especialmente si se aplica en dosis altas. Por su parte, la baja concentración de cobre, zinc y magnesio podría afectar la síntesis de clorofila y limitar la salud vegetal si no se corrige.

El análisis muestra que el residuo es una enmienda nutriente potente, pero requiere un manejo complementario para equilibrar los micronutrientes y proteger la estructura del suelo.

Tabla 9. Análisis proximal del residuo de plátano tratado con (*Trichoderma spp*, *Bacterias ácido lácticas* y *Sacharomyces spp*)

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	(%)					ppm			
T3= <i>Sacharomyces</i> <i>spp</i>	1,2	6664	6582	6634	759	6	1549	82	50

CAPÍTULO V:

5.1. Discusión

En la precocidad de la descomposición, evaluado en semanas de evaluación, fueron consistentes con los reportes de Sierra et al. (2020) quienes evaluaron la descomposición de residuos orgánicos con consorcios microbianos y señalaron que las levaduras y bacterias ácido lácticas incrementan significativamente la tasa de descomposición por su sinergia en la descomposición de celulosa y hemicelulosa.

Por su parte, Moreno et al. (2021) en su investigación sobre el uso de microorganismos para acelerar el compostaje de desechos agrícolas en sistemas tropicales, donde se reportó que la aplicación de *Trichoderma* y levaduras mejoró los parámetros de descomposición y calidad del compostaje final, especialmente en residuos altos en fibra como los del plátano.

Así mismo, Pérez et al. (2021), al evaluar la descomposición de residuos de plátano con microorganismos eficientes reportaron tiempos de descomposición en un 30%, en un incremento en la concentración de nitrógeno y fósforo en el material descompuesto. Esta investigación resaltó que el uso de *Saccharomyces* y *Lactobacillus* reportaron mejores resultados en cuanto a la estabilidad del residuo.

En relación con los valores de descomposición de las hojas de plátano, se evidencia que el uso de microorganismos es una estrategia efectiva para mejorar la descomposición de residuos foliares, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas productivos mediante la reincorporación de nutrientes al suelo y a la reducción de residuos visibles en campo, lo que se alinea con lo reportado por García et al. (2020), quienes encontraron que la aplicación de *Trichoderma harzianum* en

residuos foliares de plátano mostró un efecto más lento al inicio de la investigación, debido al tiempo requerido para que el hongo establezca colonias activas y empiece la producción de enzimas degradativas. A la vez, Paredes et al. (2021), demostraron residuos de plátano tratados con *Saccharomyces* y *Lactobacillus* un patrón de descomposición más uniforme, asociado a la liberación inmediata de ácidos orgánicos y enzimas extracelulares que favorecen la hidrólisis de componentes estructurales como la celulosa y hemicelulosa.

La eficiencia biológica determinó la proporción de los pesos en cuanto al porcentaje, coincidiendo con investigaciones recientes que destacan el papel de los microorganismos, como Zambrano (2022), quién encontró que la aplicación de *Saccharomyces* y *Trichoderma* en residuos vegetales aceleró significativamente la descomposición con mayor reducción del peso seco y mayor velocidad de transformación de la materia orgánica. Asimismo, estudios como Ordoñez et al. (2025), demostraron que el uso de microorganismos eficientes, entre ellos levaduras y bacterias ácido lácticas, permitió alcanzar una descomposición del 100% en varias semanas de evaluación, mejorando la calidad nutricional del compost. Por su parte, investigaciones realizadas por Cai & Druzhinina (2023) en residuos de musáceas han confirmado que *Trichoderma spp* sólo acelera la degradación de la celulosa y hemicelulosa, sino que también promueve la liberación de nutrientes y mejora la estructura del compost.

En cuanto al análisis de temperatura, se determinó el comportamiento de los tratamientos en la descomposición del residuo, en especial el uso de *Trichoderma spp*, *Lactobacillus spp*, y *Sacharomyces* han demostrado ser efectivos para acelerar la descomposición de residuos lignocelulósicos de musáceas. Por lo que el uso de

Tricoderma es ampliamente reconocido por su capacidad de producir enzimas extracelulares que degradan celulosa y hemicelulosa, elevando la temperatura del sustrato y acelerando la descomposición, como se refleja en el gráfico presentado. Sin embargo, investigaciones recientes realizadas por Sagarika et al. (2024) confirman que el uso de *Trichoderma spp*, puede incrementar la tasa de mineralización y la eficiencia en la transformación de residuos pseudotallo y hojas de plátano, mejorando la disponibilidad de nutrientes y la calidad del residuo.

Por su parte, Yang et al. (2022), al evaluar microorganismos como *Lactobacillus spp*, contribuyen en ambientes anaeróbicos, favoreciendo la fermentación y la acidificación del sustrato, lo que puede mejorar la estabilidad y la calidad del material a degradar, aunque su impacto térmico es menor comparado con hongos filamentosos, demostrando que la inoculación de *Lactobacillus plantarum* en residuos de banano, mejoró la calidad de la fermentación y redujo el pH, facilitando la conservación de nutrientes y la reducción de compuestos taninos. De la misma manera el uso de *Saccharomyces*, logró contribuir con la descomposición de azúcares simples y la producción de metabolitos que estimulan la actividad de otros microorganismos, generando picos térmicos del residuo similares a los observados en el gráfico, especialmente en las primeras semanas de evaluación.

De manera general, el uso de las aplicaciones de microorganismos no sólo aceleró la descomposición de residuos de plátano, sino que también mejoró la calidad del mismo y la disponibilidad de nutrientes para el suelo, lo cual es fundamental en prácticas de agrícolas sostenibles.

5.2. Conclusiones

Este estudio comprobó la capacidad de los microorganismos biodegradados para descomponer residuos de plátano (*Musa paradisiaca*), logrando el propósito central de evaluar su eficiencia en el proceso.

Al trabajar en el primer objetivo específico, se halló que los aislados de *Saccharomyces spp* lograron la máxima descomposición, alcanzando un 92 % tras siete semanas, seguidos de las bacterias ácido-lácticas que lograron un 88 % y el hongo *Trichoderma* que alcanzó un 80 %. Todos los tratamientos superaron de manera significativa el 60 % obtenido en el control sin microorganismos.

El segundo objetivo específico, que analizó los cambios morfológicos en el material, reveló una disminución constante y estadísticamente significativa en la longitud del pseudotallo, el raquis y las hojas en todos los tratamientos en los que se inocularon microorganismos. *Saccharomyces spp* fue el tratamiento más eficiente, disminuyendo el pseudotallo de 160.19 cm a 42.35 cm al término de las siete semanas.

Por último, en relación con el tercer objetivo específico, el estudio químico de los residuos sometidos a *Saccharomyces spp* mostró un aumento significativo en los nutrientes clave (N: 1,2%; P: 6664 ppm; K: 6582 ppm), lo que confirma que el material fermentado se puede usar como enmienda orgánica de alto rendimiento.

La relevancia de esta investigación radica en ofrecer un enfoque biotecnológico que permita manejar de forma ecológica los residuos generados por el cultivo de plátano, apoyando así el modelo de economía circular que convierte los desechos en insumos de valor para el agro, al tiempo que se minimiza el efecto ambiental de los residuos en el cultivo.

5.3. Recomendaciones

1. Desarrollar un monitoreo ambiental continuo, capturando:

- Medidas de pH del sustrato cada cuarenta y ocho horas (con rango objetivo 6,5–7,5) utilizando un pH-metro digital Hanna HI98121.
- Temperatura del sustrato cada día a las 08:00 horas (rango 25–35 °C) utilizando un datalogger Onset HOBO MX2300.
- Humedad relativa cada semana, dentro del rango 60–70 %, registrada con un sensor Bosch BME280.

2. Evaluar la interacción sinérgica de consorcios microbianos:

- Preparar un inóculo que mezcle *Saccharomyces cerevisiae* (1×10^8 UFC/mL) y *Lactobacillus acidophilus* (1×10^8 UFC/mL) en proporción volumétrica 1:1.
- Inocular 50 mL de la mezcla por cada 500 g de residuo fresco de plátano.
- Registrar la eficiencia de la descomposición cada semana durante diez semanas, comparándolo con tratamientos a base de un solo microbio.

3. Extender el período de evaluación e incluir:

- Mediciones morfológicas (longitud de pseudotallo, raquis y hojas) cada catorce días.
- Análisis químico de N, P, K y materia orgánica en semanas 4, 8 mediante espectrofotometría UV-Vis y la digestión de Kjeldahl.

4. Validar agronómicamente el material descompuesto:

- Realizar ensayos de campo en tres parcelas de 100 m² cada una.

- Aplicar la enmienda a dosis de 2, 4 y 6 kg/m² a plantas de plátano de seis meses.
- Evaluar rendimiento (kg/planta), calidad foliar (contenidos de N y K) y propiedades del suelo (pH, materia orgánica y capacidad de intercambio de cationes) tras doce meses de cultivo.

5. Probar la metodología en otros sustratos lignocelulósicos:

- Residuos de banano Cavendish y plátano macho (*Musa balbisiana*).
- Mantener los mismos parámetros microbianos y condiciones, con n = 20 unidades experimentales por sustrato y un seguimiento de 8 semanas.

Para la implementación práctica:

-Desarrollar un protocolo técnico de producción y aplicación.

Elaborar un manual de 15 páginas que contemple etapas de activación (48 h), dosis (1 L de inóculo/10 kg de residuo), condiciones de almacenamiento (4–8 °C, con un máximo de 30 días) y un cronograma de aplicación semanal.

-Capacitar a productores locales:

- Realizar 10 talleres presenciales de 6 h de duración cada uno, con demostración práctica en el sitio de producción.
- Suministrar un kit que incluya un pH-metro, un termómetro de suelo y el manual mencionado.
- Llevar a cabo un seguimiento técnico mensual durante 6 meses.

-Promover incentivos para la adopción:

- Proponer un programa piloto que contemple un subsidio del 50% en la compra de inóculos a 200 productores durante 2 años.

- El requisito será que se procese el 100% de los residuos y se reporten los progresos mensuales a través de una app móvil

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEBE., (Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador). (2020). Exportaciones mensuales de banano. https://fb329f0a-8a6c-4216-9e2f-dcf8067bce4d.filesusr.com/ugd/f4cd67_b323daf852214493803c7bed216e49f7.pdf
- Agropedia, E. (2020). *Cultivo de plátano: conoce sus generalidades y manejo*, Agrotendencia.tv. Available at: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/platano-cultivo-y-manejo-agronomico/> (Accessed: 31 March 2024).
- Ahmad, A., Sofian, N., Othaman, R., Abdul, H., Mohd, N., Lim, S., Wan, W. (2023). A review on agro-industrial waste as cellulose and nanocellulose source and their potentials in food applications. *Food Reviews International*, 39(2), 663-688. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1926478>
- Alcívar, J. (2021). 'Comportamiento agronómico del hartón (*musácea paradisiaca*) con la aplicación de dos abonos orgánicos en el recinto garza grande'. Available at: <https://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/7696/1/UTC-PIM-000347.pdf>.
- Álvarez, Y. (2018). Determinación de los costos de producción y rentabilidad del cultivo de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB*) vs cultivo de plátano barraganete (*Musa sp*) en la parroquia el Vergel, Cantón Valencia. (Tesis de

pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/items/8f6e5414-102d-4858-b01b-7a3663420e89>

Avellán, B., Ganchozo, W., & Cedeño, G. (2017). Manual de tecnologías limpias para el manejo sostenible del cultivo de plátano en la zona del trópico húmedo del Ecuador (Manual en elaboración). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Portoviejo

Avellán, B., y Mendoza, A. (2019). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo del cultivo de plátano (*Musa spp*). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito.

Azwar, A., Mukhlishien, M., Muslim, A., Hadissa, P., Ningsih, U. H., Zani, M. F., & Ali, J. M. (2021). Production of Single Cell Protein from Banana Peel Waste in Batch Fermentation Using *Saccharomyces cerevisiae*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 10(2), 104–112. <https://doi.org/10.15294/jbat.v10i2.34056>

Bahatkar, B., Gahukar, S., Akhare, A., Ingle, Y., Rathod, D., & Charpe, A. (2023). Decomposition of Agriculture Farm Wastes by Cellulolytic Bacteria. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(10), 411–421. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102658>

Bata, G. (2017). ‘Establecimiento y comercialización de una hectárea de plátano (*Musa paradisiaca*) variedad hartón *musa AAB* en el municipio de Uribe para la venta en fresco’.

Bermúdez, R., García, N., Aguilera, I., Mendoza, L. (2023). Biodescomposición de residuos lignocelulósicos secundarios por *Pleurotus spp*. *Tecnología*

Química, 43(1), 157-172. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852023000100157&script=sci_arttext

Bonilla, C., Díaz, J., Gil, C., Girón, K., León, M., Ortiz, O., Suarez, A. (2020). Dinámica de la descomposición de residuos orgánicos. *Suelos ecuatoriales* 50 (1 y 2): 31-39. DOI: 10.47864/SE(50)2020p31-39_123

Brindha, R., Narayana, C. K., Vijayalakshmi, V., & Nachane, R. P. (2019). Effect of different retting processes on yield and quality of banana pseudostem fiber. *Journal of Natural Fibers*, 16(1), 58-67. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1401505>

Cai, Y., & Druzhinina, I. (2023). *Trichoderma koningiopsis* Tk905: an efficient biocontrol, induced resistance, and antioxidant enzyme activator in banana. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1301062. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.130106>

Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves, F., Rubio, G., Yanza, R., Caicedo, M., Caicedo, L., Valle, S., Motta, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4). <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19035>

Camacho, A., Martínez, L., Ramírez, H., Valenzuela, R., Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoam* vol.32 no.4 Chapingo oct./dic. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400291

- Carvajalino, E. (2022). 'Implementación de un cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) variedad hartón enfocado a las buenas prácticas agrícolas fortaleciendo el conocimiento técnico en los agricultores de la vereda Galaxias Tame, Arauca'
- Coello, D. (2021). Estudio de la Cadena de Comercialización del Plátano Verde (*Musa spp.*) en los Mercados del Cantón Guayaquil.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. (2023). Bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36976/Ver_Documento_36976.pdf
- Díaz, L. (2018). 'Plátano hartón (*Musa paradisiaca*) una alternativa de producción para contribuir a la sostenibilidad de las familias de la vereda Punto Nuevo, municipio de Yopal – Casanare'.
- Estrada, J. (2022). Implementación de un cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) variedad hartón con fines de exportación, para transmitir conocimientos agronómicos a los productores en el distrito de Turbo-Antioquia.
- García, M., Salazar, E., Hernández, L., & Gutiérrez, A. (2020). Efecto de *Trichoderma harzianum* sobre la descomposición de residuos agrícolas y la calidad del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1109-1121. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2160>
- García, R., Quevedo, J., Socorro, A. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 280-291.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100280

- Grijalva, N. (2013). Descomposición de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas. *Enfoque UTE*, 4(1). pp.1-13
- Guerrero, A., Aguado, P., Sánchez, J., Curt, M. (2016). GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation: A Case Study. *WASTE AND BIOMASS VALORIZATION* 7 (2): 405-415. DOI: 10.1007/s12649-015-9455-3.
- Gupta, G., Baranwal, M., Saxena, S., Reddy, M. (2022). Utilización de residuos de banano como recurso para biocombustibles y otros productos de valor añadido. *Conversión de biomasa y biorrefinería*, págs . 1-20
- Haro, A., Borja, A., Triviño, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dom. Cien.*, Vol. 3, núm. 2. pp. 506-525
- INEC., (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2023). *Boletín técnico ESPAC*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Bolet%C3%ADn_tecnico_ESPAC_2022.pdf
- INIAP., (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2025). INIAP promueve el uso de Trichoderma para el sector bananero. Recuperado de <https://www.iniap.gob.ec/iniap-promueve-el-uso-de-trichoderma-para-el-sector-bananero/>

- Jaramillo, L. (2020). Evaluación de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos en banano (*Musa paradisiaca*). https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARAMILO%20PILLAJO%20LUIS%20JAVIER_compressed.pdf
- Katongole, C. B., Bakeeva, A., Passoth, V., & Lindberg, J. E. (2017). Effect of solid-state fermentation with *Arxula adenivorans* or *Hypocrea jecorina* (anamorph *Trichoderma reesei*) on hygienic quality and in-vitro digestibility of banana peels by mono-gastric animals. *Livestock Science*, 200, 14-22. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141317300690>
- Landazuri, J. (2024). 'Manejo Agronómico del cultivo de plátano hartón y sus efectos en la producción en el Ecuador durante el periodo 2023.' Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16252/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000133.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Luna, M., Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 4 (2), 31-40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/84/115/181>
- Macías, D. (2022). Efecto de la aplicación de *Saccharomyces* y *Trichoderma* en la descomposición de residuos de podas del cultivo de guanábana.
- MAG., (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2023). Estadísticas de desarrollo agrario del Ecuador. Promoción de acciones para el crecimiento sostenible. Available at: <https://www.agricultura.gob.ec/>.
- Mago., M., Yadav, A., Gupta, R., Garg, V. (2021). Manejo de biomasa de residuos del cultivo de banano mediante tecnología de lombricompostaje. *Tecnología de*

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124742>

Mahalakshmi, R., Linnett, M. (2016). Usage of Banana Pseudostem Waste for the Production of Potassic Biofertilizer using Cellulolytic Bacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* ISSN: 2319-7706 Volume 5 Number 8 (2016) pp. 336-349

Martínez, E. (2016). 'Implementación, comercialización y promoción de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) Var. Hartón, en el municipio de San Onofre – Sucre'.

Moreno, J., & Vásquez, C. (2019). Descomposición de residuos agrícolas mediante microorganismos eficientes en sistemas agroecológicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(2), 45-58. <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.117>

Noboa, B. (2021). Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de cacao (*Theobroma cacao* L), Echeandía- Bolívar.

Ordoñez, K., Ordoñez, L., Oblitas, V., Chuquimbalqui, D., Huanaco, D., Navarro, J., Ordoñez, V. (2025). Comparación de la eficiencia de microorganismos eficientes y de montaña en el compostaje de residuos orgánicos. *Bionatura Journal*, 10(2), 56-67. <https://bionaturajournal.com/2025.02.01.7.html>

Paladines, D., Tinoco, B. (2019). Obtención de celulosa a partir de raquis de banano aplicado a la remoción de plomo y cadmio en solución acuosa. 19–27. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14097>

- Paredes, A., Rojas, J., & Martínez, C. (2021). Biodegradación de residuos de *Musa paradisiaca* mediante consorcios microbianos: Un enfoque sostenible para la agricultura. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(1), 37-48. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n1.80784>
- Pinedo, M., Sánchez, B., Álvarez, J. (2022). Aplicación de activadores biológicos en dos tipos de compostaje para la descomposición de residuos orgánicos, Carmen Pampa, Coroico – Bolivia. *ACTA NOVA; Vol. 10, N° 3*, pp. 263 <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v10n3/1683-0789-ran-10-03-263.pdf>
- PROECUADOR., (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones). (2022). Boletín Situacional Banano. Informe del sector bananero ecuatoriano. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-banano>.
- Recalde, C., Echeverría, M., Castro, R. (2013). Descomposición de Materia Orgánica con Microorganismos Benéficos Magnetizados. *Información Tecnológica Vol. 24 N° 6*. doi: 10.4067/S0718-07642013000600003
- Revista Digital UCE. (2025). *Trichoderma* spp. y su influencia en la resiliencia de plantas de plátano ante *Ralstonia solanacearum* (Smith) filotipo II. Recuperado de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/7943>
- Rodríguez, J., Sánchez, S., Rojas, H., Cabrera, J., Reinoso, L., Cabrera, W., Vivar, L., Guaraca, Ó. (2021). Valoración nutricional de los residuos orgánicos de banano en el cantón La Troncal, Ecuador. *Revista Universitaria del Caribe*, 26(01), 78- 86. <https://doi.org/10.5377/ruc.v26i01.11882>

- Romero, A., Loayza, M. (2023). Efectos del Uso de *Trichoderma spp.* en Suelo Arcilloso Salino y Plantas de Banano Etapa Vegetativa. *Ciencia Latina*.
<https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/8293/12485?inline=1>
- Shinde, R., Kumar, D., Mahapatra, P., Kumar, S., Thombare, N., Kumar, A. (2022). Potencial de los microorganismos degradadores de lignocelulosa para la descomposición de residuos agrícolas en el suelo: una revisión. *Revista de Gestión Ambiental*. Volumen 320, 115843.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115843>
- Sierra, J., & Domínguez, F. (2020). Efecto de *Trichoderma harzianum* y residuos de cosecha sobre la dinámica de la materia orgánica en suelos tropicales. *Agrociencia*, 54(2), 205-219. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i2.2065>
- Simarmata, R., Widowati, T., Nurjanah, L., Nuriyanah, S., Lekatompessy, J. (2021). The role of microbes in organic material decomposition and formation of compost bacterial communities. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 762 012044
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/762/1/012044/pdf>
- Singh, S., Nain, L. (2014). Microorganisms in the Conversion of Agricultural Wastes to Compost. *Proc Indian Natn Sci Acad* 80 No. 2. Spl. Sec. pp. 473-481. DOI: 10.16943/ptinsa/2014/v80i2/7
- Solano, A., Ponce, W., Zambrano, F. (2022). Anaerobic biodigestion of musaceae residues: ECUADOR CASE. *Biotempo*. 19(1), 51-63.
- Sopan, E. (2020). 'Efecto de la mezcla del paraquat con urea agrícola en el control de malezas en el cultivo de plátano (*musa paradisiaca l.*) en Tingo María'.

- Tortora, M., Núñez, M., Fernández, J., Leggio, F., Romero, E., Digonzelli, P. (2023). Descomposición del residuo de cosecha de la caña de azúcar por una cepa fúngica autóctona de *Trichocladium pyriforme*. Cultivos Tropicales, Vol. 44, No. 1, e-ISSN: 1819-4087, p-ISSN: 0258-5936, <https://ediciones.inca.edu.cu>
- Vargas, L. (2019). Aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la descomposición de residuos sólidos orgánicos en el centro compostero de Granja Porcón - Cajamarca. Chiclavo - Perú: Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36071>
- Vásquez, G., Torres, J., Quesquén, C., Alvarado, J. (2019). Identificación de Microorganismos Descomponedores de la Materia Orgánica en el Centro Académico de Investigación y Ecoturismo Biodiversidad de la UNSM – T. Tarapoto – Perú: UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/3656>
- Verma, S., Kumar, A., Joshi, S., Gangola, S., Rani, A. (2023). Chapter 9 - Role of microorganisms in agricultural waste management. *Advanced Microbial Technology for Sustainable Agriculture and Environment Developments in Applied Microbiology and Biotechnology*, Pages 137-153. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95090-9.00007-8>
- Zaini, H., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N., Pindi, W. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry J. Funct.Foods, 92. Article 105054.
- Zambrano, J. (2022). Efecto de la aplicación de *Saccharomyces* y *Trichoderma* en la descomposición de residuos de podas del cultivo de guanábana (*Annona muricata*) [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Recuperado de

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ZAMBRANO%20PACHECO%20FERNANDO%20JOAQUIN.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías

Anexo 1.1. Área del experimento



Anexo 1.2. Peso fresco del residuo



Anexo 1.3. Aplicación de tratamientos



Anexo 1.4. Toma de datos



Anexo 1.5. Descomposición de tratamientos



Anexo 2. ANOVA

Anexo 2.1. Longitud del pseudotallo semana 1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9128,07	7	1304,01	7,00	<0,0001
BLOQUES	4677,59	4	1169,40	6,28	0,0002
TRATAMIENTOS	4450,48	3	1483,49	7,96	0,0001
Error	13412,63	72	186,29		
Total	22540,70	79			

Anexo 2.2. Longitud del pseudotallo semana 2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9561,87	7	1365,98	7,44	<0,0001
BLOQUES	4580,07	4	1145,02	6,24	0,0002
TRATAMIENTOS	4981,79	3	1660,60	9,05	<0,0001
Error	13211,01	72	183,49		
Total	22772,88	79			

Anexo 2.3. Longitud del pseudotallo semana 3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8709,57	7	1244,22	6,06	<0,0001
BLOQUES	3145,35	4	786,34	3,83	0,0070
TRATAMIENTOS	5564,21	3	1854,74	9,04	<0,0001
Error	14778,47	72	205,26		
Total	23488,04	79			

Anexo 2.4. Longitud del pseudotallo semana 4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9970,13	7	1424,30	6,93	<0,0001
BLOQUES	3164,09	4	791,02	3,85	0,0069
TRATAMIENTOS	6806,04	3	2268,68	11,04	<0,0001
Error	14798,57	72	205,54		
Total	24768,70	79			

Anexo 2.5. Longitud del pseudotallo semana 5

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10123,45	7	1446,21	4,54	0,0003
BLOQUES	3183,20	4	795,80	2,50	0,0500
TRATAMIENTOS	6940,25	3	2313,42	7,26	0,0003
Error	22932,50	72	318,51		
Total	33055,95	79			

Anexo 2.6. Longitud del pseudotallo semana 6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14940,03	7	2134,29	6,51	<0,0001
BLOQUES	2119,58	4	529,89	1,62	0,1792
TRATAMIENTOS	12820,45	3	4273,48	13,04	<0,0001
Error	23589,93	72	327,64		
Total	38529,95	79			

Anexo 2.7. Longitud del pseudotallo semana 6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65596,13	7	9370,88	28,33	<0,0001
BLOQUES	1992,08	4	498,02	1,51	0,2096
TRATAMIENTOS	63604,05	3	21201,35	64,10	<0,0001
Error	23815,83	72	330,78		
Total	89411,95	79			

Anexo 2.8. Longitud del raquis semana 1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4396,38	7	628,05	9,72	<0,0001
BLOQUES	1702,95	4	425,74	6,59	0,0001
TRATAMIENTOS	2693,43	3	897,81	13,90	<0,0001
Error	4651,33	72	64,60		
Total	9047,70	79			

Anexo 2.9. Longitud del raquis semana 2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3921,01	7	560,14	8,94	<0,0001
BLOQUES	1829,48	4	457,37	7,30	0,0001
TRATAMIENTOS	2091,53	3	697,18	11,12	<0,0001
Error	4513,17	72	62,68		
Total	8434,18	79			

Anexo 2.10. Longitud del raquis semana 3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4499,94	7	642,85	10,35	<0,0001
BLOQUES	2059,79	4	514,95	8,29	<0,0001
TRATAMIENTOS	2440,14	3	813,38	13,10	<0,0001
Error	4470,06	72	62,08		
Total	8969,99	79			

Anexo 2.11. Longitud del raquis semana 4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4285,62	7	612,23	10,05	<0,0001
BLOQUES	1945,07	4	486,27	7,98	<0,0001
TRATAMIENTOS	2340,54	3	780,18	12,81	<0,0001
Error	4384,86	72	60,90		
Total	8670,47	79			

Anexo 2.12. Longitud del raquis semana 5

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4217,44	7	602,49	9,85	<0,0001
BLOQUES	1951,62	4	487,90	7,98	<0,0001
TRATAMIENTOS	2265,82	3	755,27	12,35	<0,0001
Error	4402,13	72	61,14		
Total	8619,56	79			

Anexo 2.13. Longitud del raquis semana 6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6358,85	7	908,41	15,31	<0,0001
BLOQUES	1848,55	4	462,14	7,79	<0,0001
TRATAMIENTOS	4510,30	3	1503,43	25,34	<0,0001
Error	4271,95	72	59,33		
Total	10630,80	79			

Anexo 2.14. Longitud del raquis semana 7

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6491,50	7	927,36	36,41	<0,0001
BLOQUES	882,55	4	220,64	8,66	<0,0001
TRATAMIENTOS	5608,95	3	1869,65	73,40	<0,0001
Error	1834,05	72	25,47		
Total	8325,55	79			

Anexo 2.15. Longitud de la hoja semana 1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42765,76	7	6109,39	3,88	0,0012
BLOQUES	28487,43	4	7121,86	4,53	0,0026
TRATAMIENTOS	14278,34	3	4759,45	3,03	0,0350
Error	113244,23	72	1572,84		
Total	156009,99	79			

Anexo 2.16. Longitud de la hoja semana 2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	588843,21	7	84120,46	1,34	0,2430
BLOQUES	273234,42	4	68308,61	1,09	0,3678
TRATAMIENTOS	315608,79	3	105202,93	1,68	0,1790
Error	4510067,97	72	62639,83		
Total	5098911,18	79			

Anexo 2.17. Longitud de la hoja semana 3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51589,62	7	7369,95	4,73	0,0002
BLOQUES	26111,17	4	6527,79	4,19	0,0042
TRATAMIENTOS	25478,45	3	8492,82	5,45	0,0020
Error	112173,74	72	1557,97		
Total	163763,36	79			

Anexo 2.18. Longitud de la hoja semana 4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62643,23	7	8949,03	5,06	0,0001
BLOQUES	29626,93	4	7406,73	4,19	0,0042
TRATAMIENTOS	33016,30	3	11005,43	6,22	0,0008
Error	127388,58	72	1769,29		
Total	190031,80	79			

Anexo 2.19. Temperatura

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75,80	7	10,83	209,05	<0,0001
BLOQUES	0,47	4	0,12	2,28	0,0689
TRATAMIENTOS	75,33	3	25,11	484,73	<0,0001
Error	3,73	72	0,05		
Total	79,53	79			

Anexo 2.20. Peso fresco

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	128,95	3	42,98	1,52	0,2149
TRATAMIENTOS	128,95	3	42,98	1,52	0,2149
Error	2142,64	76	28,19		
Total	2271,59	79			

Anexo 2.21. Peso seco en descomposición

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1382,74	3	460,91	14,52	<0,0001
TRATAMIENTOS	1382,74	3	460,91	14,52	<0,0001
Error	2412,15	76	31,74		
Total	3794,89	79			

Anexo 2.22. Eficiencia biológica

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7586,72	3	2528,91	48,14	<0,0001
TRATAMIENTOS	7586,72	3	2528,91	48,14	<0,0001
Error	3992,36	76	52,53		
Total	11579,08	79			

Anexo 3. Resultados de análisis químico



ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 26 Vía Duram - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador

Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

PROPIETARIO: GALO JOSUÉ GARCÍA GAIBOR
REMITENTE: GALO JOSUÉ GARCÍA GAIBOR
HACIENDA: S/N
LOCALIZACIÓN: QUEVEDO - LOS RÍOS
E_MAIL: josued_1997@hotmail.com

FACTURA No : 10787
FECHA MUESTREO: 25/4/2025
FECHA INGRESO: 29/4/2025
FECHA SALIDA: 15/5/2025
IDENT. MUESTRA: ABONO ORGÁNICO

N° LABORATORIO	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	PH	%	H	%	M.O	%	N	ppm						C.E.		
									P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
3477 A	MUESTRA 1							1,2	6664	6582	6634	759	6	1549	82	50	

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de las muestras

< LC: Menor al Límite de Cuantificación

ND: No detectable


 Ing. Diana Acosta Jaramillo
 RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

