



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**USO DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA
DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE PLÁTANO (*Musa x
paradisiaca*)**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Elmer Jisson Méndez Tomalá

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**USO DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA
DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE PLÁTANO (*Musa x
paradisiaca*)**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Elmer Jisson Méndez Tomalá

Tutor: Ing. Marlon A. Mena, Mgtr.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ELMER JISSON MÉNDEZ TÓMALA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 09 / 12 / 2025

Ing. Lenni Ramírez Flores, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D.
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Marlon A. Mena Montoya, Mgtr
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, PhD.
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Washington Perero Vera, MSc
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Dios

Al creador de todas las cosas, quien siempre me dio fuerzas para continuar, mostrando que su tiempo siempre será perfecto, por fortalecer mi corazón y no permitir que me rindiera. Gracias, Padre amado.

Universidad

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, quienes con dedicación, paciencia y compromiso compartieron sus conocimientos y experiencias, siendo pilares fundamentales en mi formación profesional. Gracias a su guía y ejemplo, hoy culmino una etapa que representa no solo un logro académico, sino también un crecimiento personal.

Tutor

De manera especial a mi tutor Ing. Marlon Mena Montoya Mgtr., le estoy profundamente agradecido por su paciencia, orientación, guía y conocimientos impartidos a lo largo de este proceso de titulación, siendo claves para alcanzar este objetivo.

Familia

Agradezco con todo mi corazón a mis padres, Jacinto Méndez Gavino y Lidia Tomalá Plúas por sus sacrificios silenciosos, fe inquebrantable en mis capacidades y constante motivación. Cada paso que doy es fruto de su amor, esfuerzo y valores, que me han guiado con humildad y fortaleza a lo largo de mi vida. Este logro no me pertenece a mí, sino también a ellos, porque es el reflejo de todo lo que me han enseñado y de la confianza que siempre depositaron en mí.

Amigos

Agradezco a mis más grandes amigos Orly Tomalá, Iván Pozo, Keila Méndez, Angie Tomalá, Rita Panimboza, Valeria Suárez, Jennyfer Laínez, Kevin Tomalá, Dayana Merchán, Bryan Cedeño, Carlos Bazurto, Elena Maldonado, Andrea Mackliff, José Soriano, Jordy Cevallos, Melanie Tomalá, Carla Salazar y Arely Guale, con quienes compartí risas, desvelos, esfuerzos y sueños, les expreso mi más sincero agradecimiento. Cada día juntos fue una lección de compañerismo, apoyo y amistad verdadera. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes, porque en cada paso de este camino estuvieron presentes con su ayuda, sus palabras de aliento y su confianza. Gracias por ser parte esencial de esta etapa que llevaré siempre en el corazón.

Elmer

DEDICATORIA

Mamá

Quiero agradecerle a mi mamá, porque ha estado conmigo en todo momento durante este camino universitario. Gracias por apoyarme cuando más lo necesitaba, por escucharme, por darme fuerzas cuando pensaba rendirme y por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. Tu amor, tus palabras y tu presencia fueron mi impulso para seguir adelante. Este logro también es tuyo, porque sin ti nada de esto habría sido posible.

Dios

Al creador de todas las cosas, quien siempre me dio fuerzas para continuar, mostrando que su tiempo siempre será perfecto, por fortalecer mi corazón y no permitir que me rindiera. Gracias, Padre amado.

Usted

A usted, que siempre me motivaste a no rendirme, a creer en mí incluso cuando las dudas parecían más grandes que mis sueños, fuiste mi impulso en los días difíciles siendo mi calma en medio del caos. A ti, la chica de los ojos hermosos, aquellos que reflejaban paz, esperanza y una ternura que nunca olvidaré, Tú perfume me daba tranquilidad, tu sonrisa iluminaba mis días, y tu presencia fue una inspiración constante para seguir adelante.

Aunque el destino no quiso que nuestros caminos terminaran juntos, te llevo conmigo en cada uno de mis logros, en cada paso y en cada recuerdo. Porque fuiste parte de mi fuerza, de mi historia y de lo que soy hoy, gracias por haber sido mi motivo y mi inspiración. Esta meta también te pertenece, porque sin ti, tal vez no habría llegado hasta aquí.

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, comuna San Marcos, con el objetivo de evaluar el efecto en la aplicación de microorganismos, bacterias ácido lácticas (BLA) y hongo *Saccharomyces* en la aceleración de la descomposición de residuos del cultivo de plátano (raquis, hojas y pseudotallo) y su potencial agroecológico. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 4 tratamientos y 5 repeticiones: T1 (Testigo), T2 (Microorganismos), T3 (BAL) y T4 (Hongo *Saccharomyces*), las variables evaluadas fueron pH, temperatura, humedad, longitud, diámetro y peso de residuos durante un periodo de ocho semanas de evaluación. Los resultados mostraron que los T2 (M) y T3 (BAL) aceleraron la descomposición en comparación con el T1 (Testigo), especialmente en residuos menos lignificados. Aunque no se encontraron diferencias significativas en temperatura y pH entre los tratamientos, la humedad alcanzó valores elevados, registrándose un promedio de 88.0%, lo cual, si bien supera el rango óptimo sugerido (50–70%), favoreció la actividad microbiana debido a la alta disponibilidad de agua en los residuos frescos y mantuvo condiciones adecuadas para los procesos de degradación biológica. La longitud, el diámetro y el peso de hojas, raquis y pseudotallo disminuyeron progresivamente, evidenciando una mayor velocidad de descomposición en los tratamientos con inoculantes microbianos, la aplicación de microorganismos es una estrategia efectiva para mejorar la descomposición de residuos de plátano y reducir su impacto negativo al ambiente, contribuyendo a la producción agroecológica sostenible.

Palabras clave: Agroecológica, Bacterias ácido lácticas, Descomposición, Microorganismos, Residuos, *Saccharomyces*.

ABSTRACT

The present research was carried out in the parish of Colonche, Santa Elena province, San Marcos community, with the objective of evaluating the effect of applying lactic acid bacteria (LAB) and the fungus *Saccharomyces* on accelerating the decomposition of plantain crop residues (rachis, leaves, and pseudostem) and their agroecological potential. A completely randomized block design (CRBD) was used, with 4 treatments and 5 replications: T1 (Control), T2 (M), T3 (LAB), and T4 (*Saccharomyces* fungus). The variables evaluated were pH, temperature, moisture, length, diameter, and weight of residues over an eight-week evaluation period.

The results showed that T2 (M) and T3 (LAB) accelerated decomposition compared to T1 (Control), especially in less lignified residues. Although no significant differences in temperature and pH were found among treatments, moisture reached high values, with an average of 88.0%. Although this exceeds the suggested optimal range (50–70%), it favored microbial activity due to the high-water availability in the fresh residues and maintained adequate conditions for biological degradation processes. Length, diameter, and weight of leaves, rachis, and pseudostem progressively decreased, demonstrating a faster decomposition rate in treatments with microbial inoculants. The application of efficient microorganisms is an effective strategy to improve plantain residue decomposition and reduce its negative environmental impact, contributing to sustainable agroecological production.

Keywords: Agroecology, Lactic acid bacteria, Decomposition, Microorganisms, Residues, *Saccharomyces*.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“USO DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE PLÁTANO (*Musa x paradisiaca*). ESTUDIO DEL CASO: FINCA Oro Verde, COMUNA SAN MARCOS, PROVINCIA DE SANTA ELENA”** y elaborado por **Elmer Jisson Méndez Tomalá**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	3
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:	3
Hipótesis	3
Hipótesis General:	3
Hipótesis Específicos:	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Conceptos generales	4
1.1.1 Origen del plátano	4
1.1.2 Clasificación taxonómica del plátano	4
1.1.3 Sistema radicular	4
1.1.4 Pseudotallo.	5
1.1.5 Hojas.....	5
1.1.6 Flores	6
1.1.7 Requerimientos edafoclimáticos.....	6
1.1.8 Producción	6
1.1.9 Residuos de plátano	7
1.1.10 Manejo de residuos.....	7
1.1.11 Descomposición de residuos	8
1.1.12 Microorganismos (M).....	8
1.1.13 Bacterias ácido lácticas.....	9
1.1.14 Hongo Saccharomyces	9
1.1.15 Antecedentes.....	10
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1. Caracterización del área	12
2.2. Materiales, equipos y reactivos	12
2.2.1. Material biológico	12
2.2.2. Materiales.....	13
2.2.3. Equipos.....	13
2.2.4. Material de campo para colecta de muestras.....	13
2.2.5. Materiales de laboratorio.....	13
2.3. Tipo de investigación	14
2.4. Diseño de investigación	14
2.5. Croquis de distribución de las parcelas	15
2.6. Manejo del experimento	17
2.6.1. Control de arvenses	17
2.6.2. Deshoje.....	17
2.6.3. Deshije.....	17
2.6.4. Riego	17
2.6.5. Producción	17
2.6.6. Preparación de los tratamientos	18
2.6.7. Aplicación de los microorganismos	18
2.6.8. Controlar humedad.....	18
2.7. Parámetros evaluados	18
2.7.1. Velocidad de descomposición.....	18

2.7.2. Temperatura (°C)	18
2.7.3. Humedad (%)	19
2.7.4. Análisis de laboratorio	19
2.7.5. pH ₂₀	
2.7.6. Nivel de descomposición	20
2.7.7. Análisis estadístico de los resultados	20
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
3.1. Identificación de los factores que influyen en la eficiencia de la descomposición de residuos de plátano mediante el uso de microorganismos	21
3.1.1. pH ₂₁	
3.1.2. pH de los residuos	22
3.1.3 Conductividad eléctrica (CE) de los residuos.....	23
3.1.4 Temperatura (°C).....	25
3.1.5 Humedad (%).....	26
3.2. Velocidad de descomposición	27
3.2.1 Longitud hojas (m)	27
3.2.2 Longitud de raquis	28
3.2.3 Longitud de pseudotallo	30
3.2.4 Diámetro de hojas(cm)	31
3.2.5 Diámetro de raquis (cm).....	32
3.2.6 Diámetro de pseudotallo.....	34
3.2.7 Peso de hojas (kg).....	36
3.2.8 Peso de raquis (kg).	37
3.2.9 Peso de pseudotallo (kg).....	39
3.2.10 Peso total (kg).....	41
3.3. Características físicas.....	42
3.3.1 Color.....	42
3.3.2 Textura.....	43
3.3.3 Análisis de laboratorio.....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
Conclusiones.....	47
Recomendaciones.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de plátano. Fuente: (Suárez y Véliz, 2019).....	4
Tabla 2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de plátano. Fuente (Castillo, 2022).....	6
Tabla 3 Producción, residuos, masa de residuos y potencial energético en musáceas Ecuador Fuente (Solano et al., 2022).....	7
Tabla 4. ANOVA del experimento.....	14
Tabla 5. Descripción de los tratamientos.	14
Tabla 6. Alineamiento del experimento.	15
Tabla 7. pH residuos de plátano tratados mediante el uso de microorganismos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	22
Tabla 8. pH de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.....	23
Tabla 9. CE de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.....	24
Tabla 10. Porcentaje (%) de humedad entre los tratamientos tratados mediante el uso de microorganismos.	27
Tabla 11. Velocidad de descomposición en la longitud de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	28
Tabla 12. Velocidad de descomposición en la longitud del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	29
Tabla 13. Velocidad de descomposición en la longitud del Pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	31
Tabla 14. Velocidad de descomposición en el diámetro de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	32
Tabla 15. Velocidad de descomposición en el diámetro del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	34

Tabla 16. Velocidad de descomposición en el diámetro del pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	35
Tabla 17. Velocidad de descomposición en el peso de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	37
Tabla 18. Velocidad de descomposición en el peso del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	39
Tabla 19. Velocidad de descomposición en el peso del pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	41
Tabla 20. Velocidad de descomposición en el peso total de los residuos tratamientos tratados con microorganismos.	42
Tabla 21. Color de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	43
Tabla 22 Textura de los tratamientos bajo el efecto de la aplicación de microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	44
Tabla 23. Resultado del Análisis de laboratorio bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología planta de plátano. Fuente (Castillo, 2022).....	5
Figura 3 Ubicación geográfica del sitio experimental. Fuente: (Google Maps)	12
Figura 4 Distribución de los tratamientos y repeticiones	15
Figura 5. Temperatura en los residuos de plátano tratados mediante el uso de microorganismos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Preparación del área experimental.....	55
Anexo 2 Selección de racimos a cosechar	55
Anexo 3 Cosecha de plátano.....	55
Anexo 4 Recolección de residuos	55
Anexo 5 Colocación de los residuos en el área experimental.....	55
Anexo 6 Peso inicial de las hojas.....	55
Anexo 7 Peso inicial de raquis.....	56
Anexo 8 Toma datos de pH.....	56
Anexo 9 Peso inicial del pseudotallo	56
Anexo 10 Toma de dato de temperatura	56
Anexo 11 Aplicación del tratamiento(T1)	56
Anexo 12 Aplicación del tratamiento(T2)	56
Anexo 13 Aplicación del tratamiento(T3)	57
Anexo 14 Aplicación del tratamiento(T4)	57
Anexo 15 Raquis en la semana 2 de evaluación	57
Anexo 16 Pseudotallo en la semana 2 de evaluación.....	57
Anexo 17 Hojas en la semana 2 de evaluación.....	57
Anexo 18 Hojas en la semana 3 de evaluación.....	57
Anexo 19 Pseudotallo en la semana 3 de evaluación.....	58
Anexo 20 Raquis en la semana 3 de evaluación	58
Anexo 21 Raquis en la semana 4 de evaluación	58
Anexo 22 Hojas en la semana 4 de evaluación.....	58
Anexo 23 Toma de datos pH.....	58
Anexo 24 Peso de pseudotallo	58
Anexo 25 Residuos en la semana 7 de evaluación.....	59
Anexo 26 Residuos en la semana 8 de evaluación.....	59
Anexo 27 Recolección de muestra.....	59
Anexo 28 Envío de Muestra al laboratorio	59
Anexo 29 Peso de 50g de residuos.....	59
Anexo 30 Disolución de las muertas con agua destilada.....	59
Anexo 31 Toma de datos del pH.....	60
Anexo 32 Toma de datos de la conductividad eléctrica.....	60
Anexo 33 INFORME: ANÁLISIS DE ABONO ORGÁNICO SÓLIDO.....	61
Anexo 34 Resultados del análisis de laboratorio	62
Anexo 35 Prueba por shapiro-wils.....	63
Anexo 35. 1 Prueba de normalidad de la variable LH mediante shapiro-wils.....	63
Anexo 35. 2 Prueba de normalidad de la variable AH mediante shapiro-wils.	63
Anexo 35. 3 Prueba de normalidad de la variable PH mediante shapiro-wils	63
Anexo 35. 4 Prueba de normalidad de la variable LR mediante shapiro-wils.....	64
Anexo 35. 5 Prueba de normalidad de la variable AR mediante shapiro-wils.....	64
Anexo 35. 6 Prueba de normalidad de la variable PR mediante shapiro-wils	64
Anexo 35. 7 Prueba de normalidad de la variable LP mediante shapiro-wils	65
Anexo 35. 8 Prueba de normalidad de la variable AP mediante shapiro-wils.....	65
Anexo 35. 9 Prueba de normalidad de la variable PP mediante shapiro-wils.....	65
Anexo 35. 10 Prueba de normalidad de la variable PT mediante shapiro-wils.....	66

Anexo 36. 51	Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 5	76
Anexo 36. 52	Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 6	76
Anexo 36. 53	Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 7	76
Anexo 36. 54	Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 8	77
Anexo 36. 55	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 1	77
Anexo 36. 56	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 2	77
Anexo 36. 57	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 3	77
Anexo 36. 58	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 4	77
Anexo 36. 59	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 5	78
Anexo 36. 60	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 6	78
Anexo 36. 61	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 7	78
Anexo 36. 62	Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 8	78
Anexo 36. 63	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 1	78
Anexo 36. 64	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 2	79
Anexo 36. 65	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 3	79
Anexo 36. 66	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 4	79
Anexo 36. 67	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 5	79
Anexo 36. 68	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 6	79
Anexo 36. 69	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 7	80
Anexo 36. 70	Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 8	80
Anexo 36. 71	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 1	80
Anexo 36. 72	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 2	80
Anexo 36. 73	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 3	80
Anexo 36. 74	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 4	81
Anexo 36. 75	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 5	81
Anexo 36. 76	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 6	81
Anexo 36. 77	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 7	81
Anexo 36. 78	Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 8	81

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2025), menciona que los cultivos de musáceas se producen en su mayoría en África y en el continente americano, por otro lado, en África y Asia se cultivan otros tipos de musáceas destinadas a la cocción. Los principales productores a nivel mundial de musáceas son India, China, Colombia, Costa Rica y Ecuador. Estos países lideran la lista mundial de productores de musáceas alcanzando el 75% del total mundial.

En el continente americano, se reconoce a Ecuador como el país donde el cultivo de plátano tiene una gran relevancia socioeconómica. Se registra que aproximadamente 114.272 hectáreas del territorio ecuatoriano están destinadas a la producción de musáceas, registrando una producción aproximada de (554.212 toneladas). Las regiones con la mayor superficie dedicada a este cultivo se localizan en las provincias de Manabí (47.869 ha), Los Ríos (10.809 ha) y Santo Domingo de los Tsáchilas (10.253 ha) (Sánchez y León, 2021).

Según Constante y Arzube (2024), los cultivos de plátano se establecen en las provincias: Santa Elena, El Oro, Zamora Chinchipe, Loja y Guayas. El plátano es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, así como el progreso social y mejora la economía del país, su relevancia se radica en que el 79% de la producción se destina al consumo nacional, asegurando el acceso a este alimento esencial para las familias ecuatorianas, mientras que el 21% restante corresponde a la producción destinada a mercados internacionales. El cultivo del plátano brinda muchas oportunidades de empleo a 118.587 familias, en su mayoría residentes de zonas rurales, favoreciendo el bienestar social. Santa Elena evidencia un rendimiento de 10.43 t/ha y una producción total de 779 t en un área de 75 ha.

De acuerdo con un estudio realizado por Solano *et al.* (2022), los residuos que generan las musáceas carecen de un aprovechamiento adecuado, debido a que son desechados al aire libre, lo que ocasiona impactos negativos tanto ambientales como económicos. La problemática ambiental asociada a las industrias plataneras se agrava debido al manejo inadecuado de estos residuos, hasta el punto que se depositan en cualquier lugar sin ningún control.

Ante los antecedentes mencionados, se hace énfasis en un estudio realizado por Jaramillo y Macías (2020), donde se han implantado alternativas que promueven la degradación de los residuos. Mediante la aplicación de microorganismos eficientes que promuevan a acelerar en la descomposición de residuos como, raquis, hoja, y pseudotallo. Los microorganismos eficientes están compuestos por organismos microscópicos, como bacterias, hongos y actinomicetos, los que desempeñan una función vital en el suelo y en las plantas. Estos microorganismos tienen la capacidad de fijar nitrógeno, solubilizar fósforo, descomponer materia orgánica y producir fitohormonas, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes y la salud del suelo.

Problema Científico

El manejo de residuos tras la cosecha en el cultivo de plátano, como raquis, hojas y pseudotallo, no se gestionan de manera eficiente en muchas zonas productoras. Estos desechos suelen ser abandonados al aire libre sin tratamiento, lo que genera impactos ambientales. Esta situación se debe, principalmente, a la falta de conciencia y conocimiento sobre prácticas sostenibles como el uso de microorganismos, los cuales podrían contribuir como una alternativa eficiente para transformar estos residuos en recursos útiles, mejorando su gestión y reduciendo su impacto negativo.

¿Es eficiente el uso de microorganismos en la descomposición de residuos de plátano (Raquis, Hojas y Pseudotallo)?

Objetivos

Objetivo General:

Evaluar el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Objetivos Específicos:

1. Identificar los factores que influyen en la eficiencia de la descomposición de residuos de plátano mediante el uso de microorganismos.
2. Determinar el nivel de descomposición alcanzado por los residuos tratados.
3. Caracterizar los cambios en la composición nutricional de los residuos tratados con microorganismos eficientes.

Hipótesis

Hipótesis General:

El uso de microorganismos será efectivo para la descomposición de residuos de cosecha en el plátano

Hipótesis Específicos:

- H1: El uso de microorganismos acelerará significativamente el proceso de descomposición de residuos de plátano.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Conceptos generales

1.1.1 Origen del plátano

El plátano a lo largo de los años se ha convertido en un alimento fundamental en muchas familias a nivel mundial. El plátano tiene una historia increíble y fascinante. Se considera que su origen proviene del sudeste asiático, ubicándose en la región de Papúa Nueva Guinea, se considera que ocurrió cerca de 7.000 años. Desde allí, el cultivo se expandió a los países de India y África, hasta llegar a América con los colonizadores europeos en el siglo XV (Martínez y Rey, 2021).

1.1.2 Clasificación taxonómica del plátano

Tal como se observa en la Tabla 1, las especies de bananos y plátanos comerciales pertenecen a la familia (*Musaceae*).

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de plátano. **Fuente:** (Suárez y Véliz, 2019).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	<i>Musa</i>
Nombre Científico:	<i>(Musa x paradisiaca)</i>

1.1.3 Sistema radicular

El plátano presenta un sistema radicular profundo y bien desarrollado (Figura 1), compuesto por raíces penetrantes cuya velocidad y eficacia de penetración están influenciadas por factores como la textura y la estructura del suelo. Estas raíces pueden extenderse hasta aproximadamente 60 cm de profundidad, lo que permite a la planta explorar un mayor volumen de suelo en busca de nutrientes y agua (Loja y Llerena, 2022).

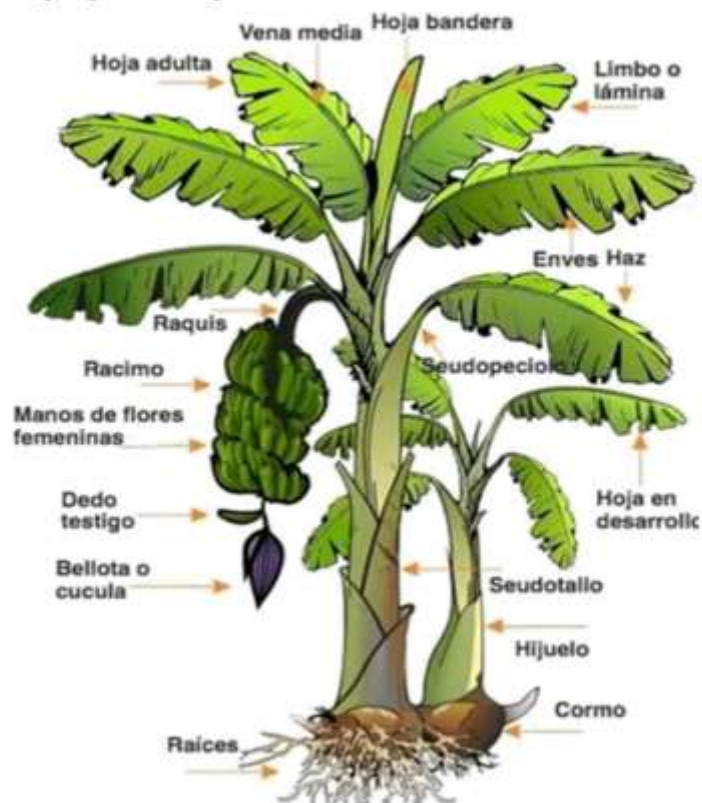


Figura 1 Morfología planta de plátano. **Fuente** (Castillo, 2022)

1.1.4 Pseudotallo.

El pseudotallo es la parte de la planta que se asemeja a un tronco, en realidad, consiste en un tallo falso, formado por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas. Aunque la estructura es carnosa está compuesto principalmente por agua, es bastante resistente tiene la capacidad de sostener el peso del racimo de 50 kg o más. A medida que las hojas emergen, la planta sigue creciendo hasta alcanzar su altura máxima (Vézina y Baena, 2020).

1.1.5 Hojas

Poseen una estructura en espiral, miden 2 m de largo y 50 cm de ancho, aproximadamente. Las hojas son fundamentales en el crecimiento y la producción, debido a que cumplen una función importante en la fotosíntesis, proceso que está influido por su tamaño y número. A lo largo de su ciclo, la planta puede generar entre 30 a 50 hojas, manteniendo de 10 a 14 en actividad para la fotosíntesis (Loja y Llerena, 2022).

1.1.6 Flores

La inflorescencia consiste en una estructura compleja, que alberga las flores que posteriormente se convertirán en frutos. Se apoya en el tallo floral, es decir, en el tallo verdadero de la planta. Como esta se sostiene sobre el tallo floral, que es producido por el punto de crecimiento terminal del rizoma, crece a través del pseudotallo y emerge en la parte superior la de planta una vez que ha brotado la última hoja tipo cigarro. Presenta las flores femeninas que están aglomeradas en los nódulos y desarrollan manos de frutos (Vézina y Baena, 2020).

1.1.7 Requerimientos edafoclimáticos

Los requerimientos edafoclimáticos se evidencian en la tabla 2:

Tabla 2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de plátano. **Fuente** (Castillo, 2022).

Parámetro	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo
Temperatura	entre 24 a 28 °C
Precipitación	1.500 a 2000 mm anuales
Humedad relativa	Entre el 60 y 85%
Vientos (Km/h)	< 20
Altura sobre el nivel del mar	0 – 2.000 msnm
pH del suelo	5.5 – 6.5

1.1.8 Producción

La superficie dedicada al cultivo de musáceas en el país alcanza 190.381 ha, de las cuales se presenta una superficie cosechada (ha) de 183.347 hectáreas, teniendo una producción de 6.583.477 toneladas, con un rendimiento de 35,91 toneladas por hectárea. Cerca del 78% de productores de musáceas corresponden a pequeños productores (Ocampo y Montealegre, 2022).

Los productores de musáceas no pueden ser identificados como fracción de clase cuando participan de varias estrategias productivas y, en general, tienen diversos intereses económicos. No son cultivadores "puros" de la fruta y en ese sentido su faceta como

bananeros es solo parcial. En 1984, apenas un tercio de la superficie en propiedad (18.044 ha.) de 92 bananeras muestreadas (Charvet y Espinosa, 2014).

1.1.9 Residuos de plátano

Tras la cosecha el cultivo de plátano genera cierta cantidad de residuos (tabla 3), los cuales generan un impacto negativo en el ambiente al no tener un manejo adecuado de los residuos se logra a través de diversas técnicas que permiten reciclar, convirtiéndolos en productos útiles. La digestión aeróbica es un proceso realizado por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias, protozoos y hongos que, en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica para degradarla, transformándola en productos útiles (Solano *et al.*, 2022).

Tabla 3 Producción, residuos, masa de residuos y potencial energético en musáceas Ecuador
Fuente (Solano *et al.*, 2022)

Cultivo	Producción t/año*	Tipo de residuo	Masa de residuo t/año	Potencial energético TJ/año	Potencial energético GW/h
Banano	8'237.546	Raquis	8'237.546	3.536	982
		Vástago	41'187.730	23.220	6 450
		Rechazo fruta	1'235.632	2.173	604
Plátano	542.207	Raquis	542.207	233	65
		Vástago	2'711.035	1.528	424
		Rechazo fruta	81.331	143	40
Total	8'779.753	-	53'995.481	30.833	8.565

1.1.10 Manejo de residuos

En Ecuador, el cultivo de plátano genera una gran cantidad de desechos que no se gestionan de manera eficiente en la mayoría de los casos y se abandonan al aire libre. Esto puede tener un impacto negativo sobre la calidad del suelo y contribuir a dificultades sanitarias durante el cultivo. No obstante, se están desarrollando opciones para emplear estos residuos como materia prima en la producción de bioplásticos biodegradables o de biofertilizantes que aumenten la calidad del suelo y disminuyan el empleo de fertilizantes químicos (Gómez *et al.*, 2021).

1.1.11 Descomposición de residuos

En el cultivo de plátano, genera residuos como raquis , hojas, pseudotallo y cáscara se producen en grandes cantidades; comúnmente, se dejan descomponer en estado natural en el campo o muchas veces suelen ser utilizadas como abono directo sin un manejo controlado esta descomposición natural ocurre principalmente por la acción de microorganismos que degradan los residuos lignocelulósicos pero al hacerlo de manera abierta puede ocasionar contaminación del suelo y del agua proliferación de plagas y enfermedades además de generar olores molestos y gases de efecto invernadero (Gómez *et al.*, 2021).

Desde que el ser humano empezó a domesticar a las plantas y los animales, o sea, desde el Neolítico, ha sido un camino principal para la gestión de residuos emplear la materia orgánica de los desechos producidos por la actividad humana mediante el suelo. En la actualidad, debido a que las tierras de Europa (sobre todo las de los países mediterráneos) tienen contenidos por debajo del 3.7%, necesitan la adición de materia orgánica (López *et al.*, 2014).

1.1.12 Microorganismos (M)

Los microorganismos (M) son consorcios microbianos, que generalmente incluyen bacterias como *Azotobacter* y *Lactobacillus*, hongos y levaduras (como *Saccharomyces*), los cuales favorecen a la descomposición acelerada en residuos orgánicos al descomponer compuestos complejos como celulosa, lignina y pectina su eficiencia se basa en su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, generando enzimas particulares que presenta una tolerancia a temperaturas elevadas durante el compostaje, lo que acelera la degradación y estabilización de la materia orgánica (Diaz y Benítez, 2024).

De acuerdo con Huacho (2024), la incorporación de microorganismos eficientes (ME) puede reducir el tiempo de descomposición hasta en un 27%, al mismo tiempo eleva la temperatura del compost y mejora la calidad nutricional en el producto final.

Jaramillo y Macías (2020) mencionan que la aplicación de Microorganismos Eficientes (ME) se plantea como una alternativa biotecnológica muy importante para tratar de forma sostenible de los residuos agrícola generados tras la cosecha, aquellos que son muy

persistentes de descomponer, como la biomasa producida por los cultivos de musáceas. Su propósito principal es transformar el proceso natural de putrefacción lenta y contaminante en una fermentación y mineralización aceleradas, reguladas y con un alto beneficio para la salud del agroecosistema.

1.1.13 Bacterias ácido-lácticas

Tienen diversas aplicaciones, destacadas principalmente por su proceso de fermentación incluyendo aquellos que provienen de vegetales, carne y leche, las bacterias ácido lácticas (BAL) cumplen con un papel fundamental. En la descomposición de residuos orgánicos. Estas bacterias, presentes en diversos alimentos fermentados, producen ácido láctico y otros metabolitos, contribuyendo a la degradación de carbohidratos y otros componentes orgánicos. Su actividad metabólica contribuye a la disminución del pH, lo que puede inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos favoreciendo la calidad de los alimentos (Morocho y Leiva, 2019).

En la degradación de desechos orgánicos, sobre todo en los en los residuos de cosecha, las bacterias ácido lácticas (BAL) desempeñan un rol esencial. Estas bacterias llevan a cabo la fermentación de carbohidratos complejos, como hemicelulosa y celulosa; los dividen en azúcares sencillos y posteriormente producen ácido láctico como metabolito principal. La presencia de este ácido láctico disminuye el pH del entorno, lo que genera un ambiente ácido que impide la proliferación de patógenos y propicia la actividad de otros microorganismos que son útiles para descomponer el material orgánico (Ruvalcaba *et al.*, 2019).

1.1.14 Hongo *Saccharomyces*

Son organismos eucarióticos unicelulares fácil de manipular y reproducir caracterizados por su rápido crecimiento y división celular, además poseen un sistema de control similares a los presentes en organismos con múltiples células. Debido al alto grado de conservación de las rutas bioquímicas y a que la maquinaria molecular de numerosos procesos celulares, presentan similitudes con los sistemas de control presentes en las plantas y los animales mamíferos, la levadura ha sido manejada como modelo de célula eucariota

para estudiar procesos biológicos y llevar a cabo un análisis de genómica funcional (Zambrano y Macías, 2022).

S. cerevisiae es una especie de levadura muy utilizada a nivel industrial debido a que es un organismo fácil de manipular y de recuperar en el laboratorio, no requiere condiciones estrictas para el cultivo, no presenta alto costo, tolera altas condiciones extremas, en la fermentación produce bajos niveles de subproductos y es capaz de utilizar altas concentraciones de sacarosa (Zambrano y Macías, 2022).

El hongo *Saccharomyces*, especialmente *S. cerevisiae*, desempeñan un papel importante en la descomposición de residuos orgánicos generados tras la cosecha, como los lignocelulósicos del plátano, principalmente a través del proceso de fermentación. Este hongo convierte los azúcares simples obtenidos en la descomposición inicial en productos como etanol y dióxido de carbono. Durante la fermentación, transforma los azúcares derivados de la descomposición de materia orgánica en energía y compuestos secundarios, facilitando la reducción de la materia orgánica y ayudando en la transformación biológica de los residuos (Rivera *et al.*, 2020).

1.1.15 Antecedentes

De acuerdo con un estudio realizado por Morocho y Leiva (2019), el cultivo sostenible y ecológico es fundamental para el progreso del país. Desde los años 80, la aplicación de microorganismos eficientes (ME), siendo investigados por el científico Teruo Higa en Japón., los ME han demostrado ser una alternativa sostenible en la agricultura, están compuestos por bacterias ácido-lácticas, fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos con capacidad fermentativa. En el ámbito agrícola, promueven la germinación, desarrollo de frutos y el proceso productivo de las plantas, además de mejorar la estructura y fertilidad del suelo. Desde el punto de vista biológico, favorecen al incremento de la fotosíntesis, mejorando la absorción de agua y nutrientes, y optimizan el proceso de compostaje. Todo esto contribuye al aumento del rendimiento agrícola.

De acuerdo con Solano *et al.* (2022) la biodigestión anaeróbica constituye una alternativa eficaz para tratar residuos como raquis, hojas y pseudotallos. Este proceso, realizado por microorganismos que actúan en ausencia de oxígeno, transforma la materia

orgánica en biogás y subproductos inocuos, reduciendo la contaminación y produciendo energía renovable. En Ecuador, los sectores agrícola, pecuario y forestal poseen un elevado potencial para el aprovechamiento bioenergético

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización del área

El estudio fue realizado en la finca Oro Verde Gavino del señor Jacinto Méndez Gavino localizada en la parroquia Colonche, comuna San Marcos se ubica en el centro norte de la provincia de Santa Elena, la comuna se localiza en las partes bajas del río Valle Javita, está integrada por los siguientes pueblos Javita, San Marcos, Barbascol, Sevilla, Los Manguitos y Pueblo Nuevo. En esta zona, la mayoría de sus habitantes se dedican a llevar a cabo labores relacionadas con la agricultura (Figura 3).

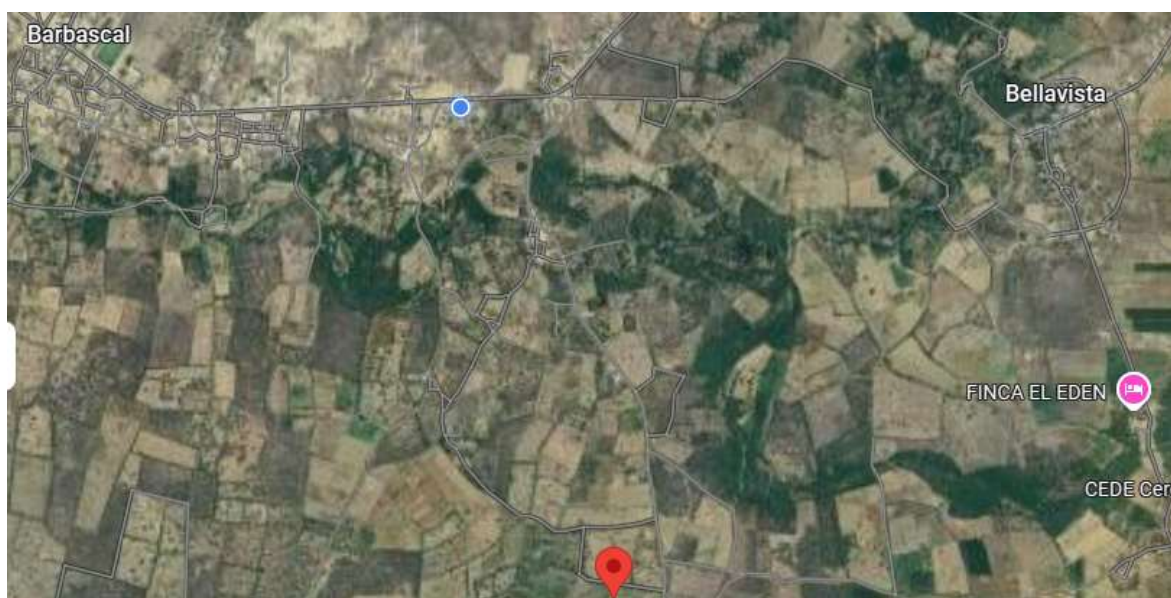


Figura 2 Ubicación geográfica del sitio experimental. **Fuente:** (Google Maps)

2.2. Materiales, equipos y reactivos

2.2.1. Material biológico

- Plátano (*Musa × paradisiaca* L.).
- Microorganismos.
- Bacterias ácido lácticas (BAL).
- Hongo *Saccharomyces*.
- Residuos (raquis, hojas y pseudotallo).
- Agua.

2.2.2. *Materiales*

Estos recursos fueron implementados tanto en la etapa de recolección de datos en el campo como en la redacción del informe de investigación:

- Borrador.
- Bolígrafos.
- Cuaderno de campo.
- Hojas de registro de datos.
- Lápiz.
- Machete.

2.2.3. *Equipos*

Los dispositivos utilizados durante el trabajo de campo de la investigación para recopilación de datos correspondientes a cada variable analizada:

- Balanza.
- Calculadora.
- Cámara celular.
- Computadora o laptop.
- pHmetro.
- Cintas métricas.
- Termómetro.
- Bomba de mochila.

2.2.4. *Material de campo para colecta de muestras*

- Cuaderno.
- Guantes.
- Marcadores.
- Cinta.
- Funda Ziploc.

2.2.5. *Materiales de laboratorio*

- Vasos de precipitación.
- Balanza analítica.

- pHmetro.
- Medidor de CE.
- Colador.

2.3. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como experimental, ya que se evaluó el efecto de distintos tratamientos microbianos en el tiempo y velocidad de descomposición de los residuos vegetales del plátano. Para ello, se midieron variables físicas y bioquímicas, como pH, temperatura, humedad, longitud, diámetro y peso de los residuos, durante un periodo de ocho semanas.

2.4. Diseño de investigación

En la investigación se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por 4 tratamientos y 5 bloques dando un total de 20 unidades experimentales. Además, responde al siguiente modelo matemático:

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

Donde:

γ_{ij} variable dependiente o variable independiente

μ efecto de la media general

τ_i efecto de i – ésimo tratamiento

β_j efecto de j – ésimo bloque

ε_{ij} error experimental del tratamiento

Tabla 4. ANOVA del experimento.

Fuentes de variación	Modelo matemático	Grados de libertad
Total	$(b*t)-1$	19
Bloques	$b-1$	4
Tratamiento	$t-1$	3
Error	$(b-1)(t-1)$	12

Tabla 5. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
--------------	-------------

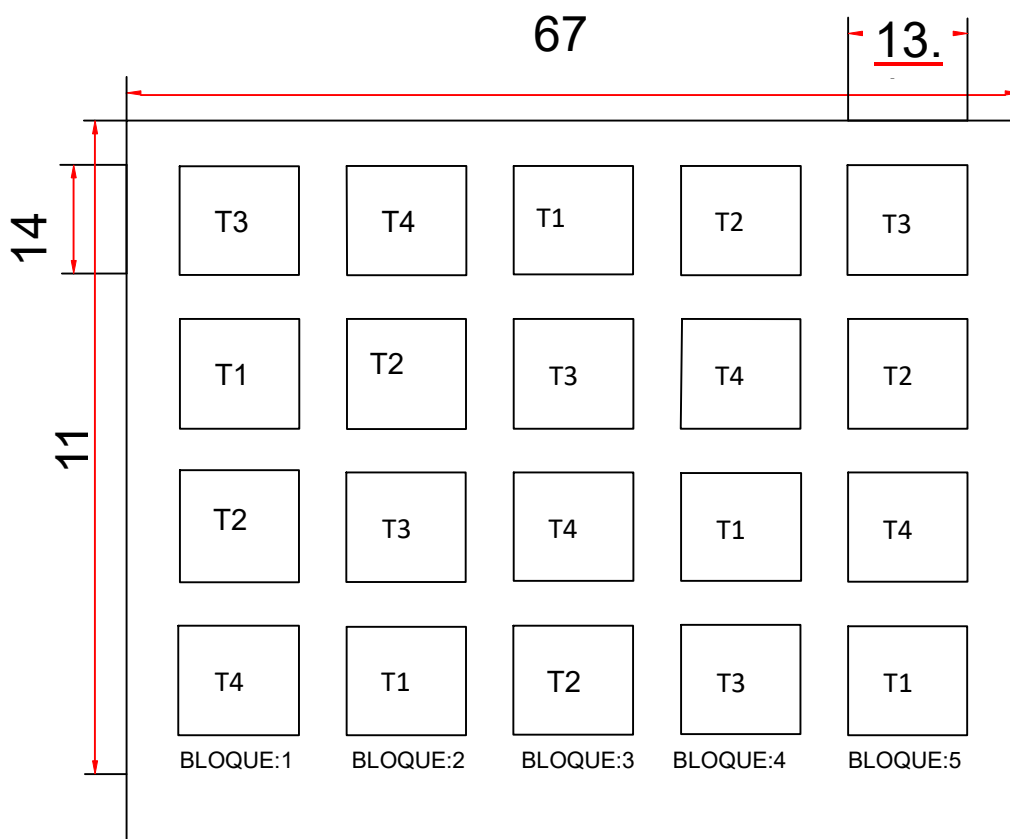
T1	Testigo
T2	Microorganismos eficientes
T3	Bacterias ácido lácticas
T4	Hongo <i>Saccharomyces</i>

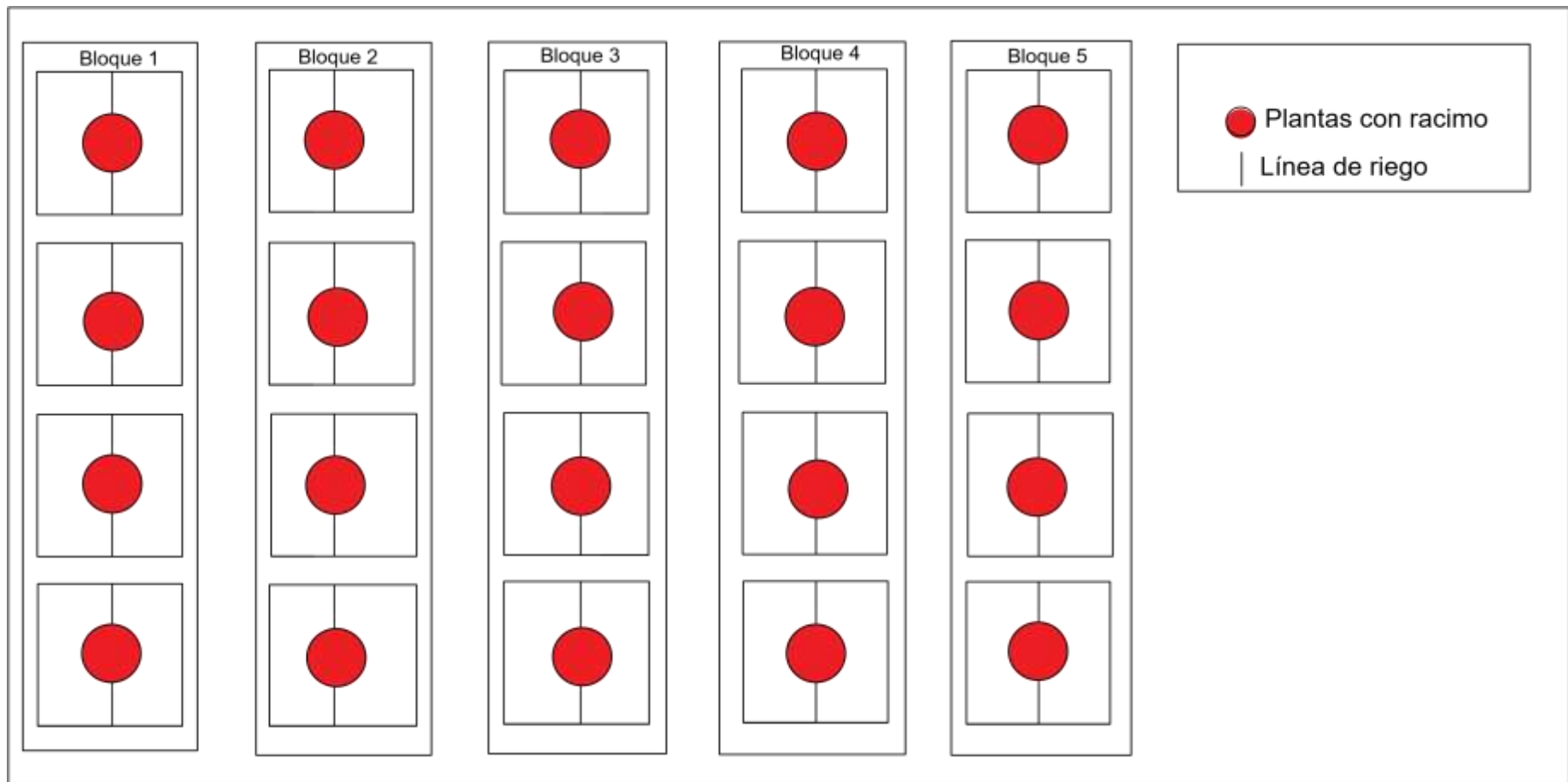
Tabla 6. Alineamiento del experimento.

Diseño experimental	DBCA
Tratamientos	4
Bloques	5
Unidades experimentales	20
Área neta del ensayo	10000 m ²
Área del bloque	2000 m ²
Área de parcela	500m ²
Número de platas por bloque	40
Número de platas por parcela	10
Área útil del bloque	194.8 m ²
Área útil de la parcela	400 m ²

2.5. Croquis de distribución de las parcelas

Figura 3 Distribución de los tratamientos y repeticiones





2.6. Manejo del experimento

2.6.1. Control de arvenses

El control de arvenses (maleza) se llevó a cabo de manera mecánica utilizando una rozadora a motor, con el objetivo de eliminar las plantas ya que compiten con el cultivo de interés, por nutrientes, agua, luz y espacio, afectando al desarrollo; además, pueden albergar plagas y enfermedades.

2.6.2. Deshoje

El deshoje, es una práctica agrícola que consiste en la eliminación de hojas que ya cumplieron con su función fotosintética esta actividad fue realizada con diversos fines; con el deshoje se busca eliminar hojas afectadas por sigatoka o aquellas que ya cumplieron su ciclo, también las que se despuntan o deslaminan.

2.6.3. Deshije

Las selecciones de hijos laterales es una práctica que consistes en retirar un número controlado de hijos y descarte de las yemas laterales o cormos utilizando un palín, con el objetivo de evitar la competencia por nutrientes entre los brotes con la planta principal conservando la secuencia madre, hijo y nieto. Manteniendo un ordenamiento lineal de las plantas dentro de las hileras.

2.6.4. Riego

El riego se llevó a cabo mediante un sistema de riego por goteo con caudal de 2.5 l/h, la frecuencia de riego fue de 2 a 3 veces por semana y tiempo de 2 horas al día.

2.6.5. Producción

La recolección del plátano se realizó una vez cuando los frutos habían alcanzado un desarrollo adecuado, el racimo fue cortado cuidadosamente del pseudotallo utilizando un machete, procurando no dañar los frutos.

2.6.6. Preparación de los tratamientos

Dentro de cada parcela se recolecto los desechos de residuos orgánicos generados por la cosecha, donde se colocó dentro de una caja de caña de 1 m x 1.5 m.

2.6.7. Aplicación de los microorganismos

Los microorganismos se incorporaron en cada tratamiento utilizando 1.5 litros del producto diluidos en 20 litros de agua. La aplicación se realizó por aspersion, empleando una bomba de mochila, con el fin de favorecer su adecuada proliferación.

2.6.8. Controlar humedad

Los tratamientos fueron hidratados con agua dos veces a la semana, para obtener las condiciones esenciales para la propagación de los microorganismos.

2.7. Parámetros evaluados

2.7.1. Velocidad de descomposición

Siguiendo con la metodología de Zambrano y Macías (2022), durante el proceso de compostaje para confirmar que la descomposición está ocurriendo, se realizó una observación continua y se registró el número de días necesarios para que los residuos alcanzar un nivel visible de descomposición avanzada (raquis, hojas y pseudotallo).

Estas evaluaciones se realizaron en consideración a los indicadores de referencias físicas como la pérdida de volumen, los cambios de color y textura, así como la temperatura del material, estos datos permitieron determinar qué tratamiento o condiciones que aceleraron de manera eficiente en el proceso de descomposición. el periodo del experimento fue de dos meses donde los datos fueron recopilados cada 7 días.

2.7.2. Temperatura (°C)

Según Noboa (2021), fue realizado un registro, cada 7 días después de la aplicación de los tratamientos en función del tiempo, para conocer la temperatura de desechos y la

reacción que tiene con cada tratamiento. Las mediciones fueron ejecutadas utilizando un termómetro.

2.7.3. *Humedad (%)*

Según Noboa (2021), se determinó el porcentaje de humedad de los residuos descompuesto utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Humedo}} * 100$$

2.7.4. *Análisis de laboratorio*

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2025), se realizará un análisis de laboratorio al finalizar el trabajo de campo a cada uno de los tratamientos para determinar la relación (N, P, K) y el porcentaje de materia orgánica MO.

Al finalizar el trabajo de campo, se recogerá una muestra representativa del tratamiento (aproximadamente 500 kg, siguiendo las recomendaciones de INIAP)

Estas muestras se procesarán mediante métodos estandarizados para determinar:

- Relación y contenido de macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
- Porcentaje de materia orgánica (MO), usando métodos validados (como Walkley-Black o vía seca automatizada).
- Parámetros adicionales: pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y micronutrientes (Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, S), según protocolos del INIAP.

Todas las determinaciones se realizarán en laboratorios acreditados bajo norma ISO/IEC 17025, equipados con personal capacitado y metodologías validadas, lo cual garantiza alta confiabilidad y comparabilidad de los resultados.

El compostaje es parte de los procedimientos de reciclaje y valorización de desechos orgánicos, produciendo así un doble impacto en el medio ambiente. Por un lado, se consigue reducir la cantidad de estos en el medio, y por otro lado, al aplicar al suelo materiales orgánicos debidamente tratados, es posible mejorar las condiciones biológicas, físicas y químicas de los suelos (López *et al.*, 2014).

2.7.5. pH

El pH es una medida que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa y se define matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

Ejemplo

1. Convertir cada pH en concentración de iones hidrogeno:

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

Entonces

- Muestra 1: $10^{-5} = 1.0 \times 10^{-5}$
- Muestra 2: $10^{-6} = 1.0 \times 10^{-6}$
- Muestra 3: $10^{-7} = 1.0 \times 10^{-7}$

2. Calcular la concentración media $[H^+]$:

$$\begin{aligned} \text{Promedio}[H^+] &= \frac{(1.0 \times 10^{-5}) + (1.0 \times 10^{-6}) + (1.0 \times 10^{-7})}{3} \\ &= \frac{1.111 \times 10^{-5}}{3} \approx 3.7 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

3. Convierte de nuevo a pH

$$pH_{\text{promedio}} = \log_{10}(3.7 \times 10^{-6}) \approx 5.43$$

2.7.6. Nivel de descomposición

Se determinó el nivel de descomposición de los residuos tomando en cuenta los valores obtenidos del peso total, aplicando la siguiente formula.

$$ND = \frac{P_I - P_F}{P_I} \times 100$$

En donde P_I corresponde al peso inicial y P_f al peso final.

2.7.7. Análisis estadístico de los resultados

Se utilizó una base de datos en Excel para luego aplicar la prueba estadística de Duncan al $p < 0.05$ mediante el programa infoStat.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de los factores que influyen en la eficiencia de la descomposición de residuos de plátano mediante el uso de microorganismos

3.1.1. pH

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 7), se evidencia que el promedio mostró una variación en el pH entre los tratamientos, en residuos de cosecha de plátano a lo largo de las 8 semanas de evaluación, donde se observaron variaciones mínimas que concluyeron a un ambiente favorable para el desarrollo de actividad microbiana durante el proceso de descomposición, entre los tratamientos. El tratamiento T1 (Testigo) presentó valores iniciales de pH 6.70 en la primera semana de evaluación descendió a 4.95 en la semana 7, recuperándose a 6.39 en la semana 8. Mientras que el tratamiento T3 (BAL) presentó una disminución inicial del pH, pasando de 6.49 en la semana 1 a 5.30 en la semana 4, para luego estabilizarse alrededor de 6.00 en la semana 8.

Los datos presentados concuerdan con un estudio similar realizado por Jaramillo y Macias (2020) donde menciona que, en las primeras etapa de descomposición se caracterizan por una acidificación temporal, importante para la activación de enzimas hidrolíticas que desintegran compuestos lignocelulósicos. Por lo tanto, el comportamiento del pH observado en el presente estudio refleja un entorno favorable para la descomposición aeróbica promovida por microorganismos eficientes.

Además, en un estudio similar realizado por Tola *et al.* (2024) mencionaron que el pH es un parámetro clave que muestra la aceleración en la descomposición, en el proceso de compostaje cuando se aplican microorganismos eficientes. La adición de estos inoculantes genera un aumento inicial del pH, alcanzando valores entre 9 y 10 durante la fase termófila esto debió. A la liberación de compuestos amoniacales producto de la rápida descomposición en proteínas y otros compuestos orgánicos.

Tabla 7. pH residuos de plátano tratados mediante el uso de microorganismos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	6.70	6.63	6.29	5.85	6.21	5.17	4.95	6.39
T2=Microorganismos	6.70	6.70	6.18	6.28	6.68	5.38	5.77	6.32
T3=Bacterias ácido lácticas	6.49	6.25	6.26	5.30	5.65	6.00	6.13	6.30
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	6.58	6.60	6.27	6.26	5.41	5.28	6.11	6.27

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8.

3.1.2. pH de los residuos

De acuerdo con los datos descritos en la Tabla 8, los tratamientos T1 (testigo) y T2 (M) mostraron valores de pH muy similares y neutros a ligeramente alcalinos (8.80 y 8.85, respectivamente). Esto indica que, o bien el consorcio de ME no alteró significativamente el pH inicial del residuo, o la alcalinidad generada por la mineralización inicial fue neutralizada por la producción de ácidos orgánicos.

En contraste, los tratamientos T3 (BAL) y T4 (Hongo *Saccharomyces*) alcanzaron valores de pH notablemente más elevados: T3 (BAL) registró el valor más alto, alcanzando un pH fuertemente alcalino de 10.20. Este resultado es contraintuitivo para las bacterias ácido-lácticas, cuyo metabolismo primario genera ácidos orgánicos (ácido láctico), los cuales deberían reducir el pH. La alta alcalinidad en T3 sugiere que predominó la mineralización de compuestos nitrogenados (proteínas y urea) a amonio (NH_4^+) / amoniaco (NH_3) sobre la producción de ácidos. La liberación de amoniaco volátil es la causa principal de picos de alcalinidad en los residuos orgánicos.

Un estudio realizado por Granda *et al.* (2025) señalan que un pH ligeramente alcalino (6.8 a 7.9) es el más conveniente para el proceso; sin embargo, advierte que una relación de carbono/nitrógeno (C/N) demasiado baja puede producir un exceso de nitrógeno, lo cual provoca la desaceleración del proceso y la aparición de olores desagradables (debido a la liberación de NH_3). Importancia: Este descubrimiento apoya la

conclusión sobre T3: el máximo nivel de alcalinidad (10.20) indica que la concentración de nitrógeno era muy alta para el C/N en la mezcla, ocasionando una fuerte amonificación que saturó el medio con iones NH_4^+ (NH_3 volátil), lo que resultó en un pH extremadamente alcalino.

Un estudio similar realizado por Tola *et al.* (2025) señalan que los niveles ideales de pH para un compostaje eficaz (la manera más habitual de manejar los desechos post-cosecha) están entre 5.5 y 8.0. Un pH dentro de este rango garantiza que las bacterias y los hongos trabajen en conjunto durante las distintas etapas del proceso.

Tabla 8. pH de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	pH
T1=Testigo	8.80
T2=Microorganismos	8.85
T3=Bacterias ácido lácticas	10.20
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	9.05

3.1.3 Conductividad eléctrica (CE) de los residuos (dS/m)

De acuerdo con los datos observados en la tabla 9 se evidencia que los tratamientos T1 (Testigo) arrojó el valor de CE más bajo, que fue de 0.874. Esta cifra basal muestra la concentración de sales en los desechos sin el impacto de los tratamientos biológicos.

Todos los tratamientos con microorganismos (T2, T3 y T4) produjeron un incremento de la CE en comparación con el Testigo. Este aumento indica que la actividad microbiana (fermentación, descomposición de materia orgánica) generó o modificó compuestos, lo cual provocó un incremento en la concentración de iones disueltos en los residuos.

El tratamiento T4 (Hongo *Saccharomyces*) mostró el incremento más alto en conductividad, al llegar a 1.292. Esto señala que este hongo fue el más efectivo en la mineralización o en la liberación de iones al medio.

El tratamiento T2 (M) tuvo un valor de 1.068, que fue el segundo más alto. El tratamiento T3 (BAL) obtuvo el valor más bajo dentro de los tratamientos biológicos, con 1.035, aunque sigue siendo superior al Testigo.

Un estudio similar realizado por Castillo (2020) reportó que la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), un consorcio similar al usado en T2, incrementó la Conductividad Eléctrica del compost final. Esto valida la premisa de que la adición de consorcios microbianos mejora la cinética de la liberación de sales en el proceso este proceso libera iones inorgánicos esenciales, principalmente sales de amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-), y cationes como el potasio (K^+) y el calcio (Ca^{2+}). Estos iones solubles son los que incrementan la CE.

Un estudio similar realizado por Ordoñez *et al.* (2025), respalda la evidencia de que los Microorganismos y los Microorganismos de Montaña (MM) son cruciales para que los residuos orgánicos se descompongan y mineralicen rápidamente, lo cual es el principal factor del aumento en la CE. Debido a que la CE es un indicador esencial de madurez, cuando el valor es demasiado elevado (por lo general superior a 3-4 dS/m, conforme a las regulaciones de Europa o Chile), los cultivos que son sensibles pueden sufrir estrés salino. No obstante, los valores alcanzados en este experimento (1.292 dS/cm) están dentro de un rango ideal que optimiza la distribución de nutrientes sin provocar toxicidad.

Tabla 9. CE de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	CE
T1=Testigo	0.874
T2=Microorganismos	1.068
T3=Bacterias ácido lácticas	1.035
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	1.292

3.1.4 Temperatura (°C)

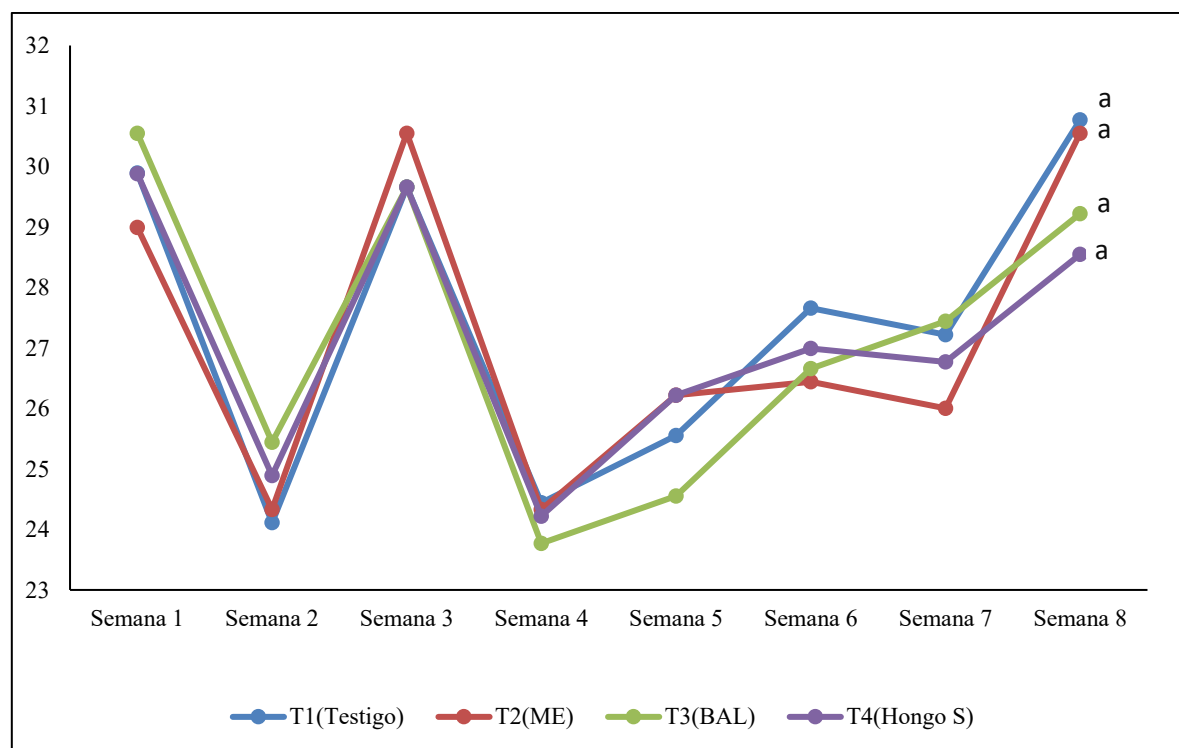
De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 5 se mostró la variable Temperatura (°C), no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos a lo largo de las 8 semanas de evaluación.

En la gráfica se observa que la temperatura durante el tiempo evaluado de descomposición de los residuos de plátano. Mostraron variación en todos los tratamientos presentando un descenso marcado en la semana 2, seguida de un ascenso significativo en la semana 3. Posteriormente, las temperaturas descienden nuevamente en la semana 4 y, a partir de la semana 5, muestran un ascenso gradual hasta alcanzar los valores más altos en la semana 8, donde el tratamiento T1 (testigo) presentó un valor de 30.77 °C en comparación con el T3 (BAL) presentando un valor de 29.22 °C. Estos patrones sugieren que, si bien hubo variaciones semanales, durante las ocho semanas de evaluación, las temperaturas se mantuvieron alrededor de 29 a 31 °C concluyendo que el proceso fue más mesófilo que termófilo. Esto datos no son necesariamente negativos, aunque podría influir en la velocidad de descomposición.

Estudios recientes indican que el proceso de compostaje de residuos de plátano o vegetales. Presento una característica específica, un estudio realizado por Salazar *et al.*, (2025) titulado “Enhancing compost quality with Bacillusbacteria Leveraging cocoa shells and banana pseudostems”, se llevó a cabo el experimento donde fue dividido en cuatro tratamientos, se observó que ambos residuos presentaban una ligera acidez. Se identifico un mayor contenido de humedad 30.5% en el pseudotallo en comparación con la cáscara de cacao (12.3%). Durante el proceso de compostaje, la temperatura alcanzó un máximo de 33.7 °C y finalizó en 25.5 °C, señalando que la temperatura estuvo estrechamente ligada a la actividad microbiana.

Además, Mondejar *et al.* (2021), observaron que la disminución del peso manera progresiva debido a que el porcentaje de descomposición aumentó, lo que demuestra que los microorganismos presentes pudieron adaptarse y funcionar eficientemente dentro de ese rango de temperatura bajo las condiciones que se presentaron en las ocho semanas de evaluación.

Figura 4. Temperatura en los residuos de plátano tratados mediante el uso de microorganismos bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.



3.1.5 Humedad (%)

El tratamiento T1 (testigo), que no fue tratado con microorganismos, mostró el porcentaje de humedad más elevado, alcanzando un 20.06%. Este valor se utiliza como referencia para determinar el impacto de las terapias biológicas.

Los tratamientos con microorganismos presentaron de manera constante niveles de humedad más bajos que el T1 (testigo), lo cual indica que la actividad microbiana pudo haber tenido un efecto en la reducción de la humedad (probablemente mediante procesos como la degradación de materia orgánica, la fermentación o la respiración).

Los tratamientos T2 (ME) y T4 (Hongo *Saccharomyces*) alcanzaron porcentajes intermedios de 15.96% y 17.32%, respectivamente. El tratamiento con *Saccharomyces* (T4) retuvo un poco más de humedad que el de Microorganismos (T2), aunque ambos no alcanzaron. Tabla 10

Tabla 10. Porcentaje (%) de humedad entre los tratamientos tratados mediante el uso de microorganismos.

Tratamientos	Porcentaje de Humedad (%)
T1=Testigo	20.06
T2=Microorganismos	15.96
T3=Bacterias ácido lácticas	7.88
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	17.32

3.2. *Velocidad de descomposición*

3.2.1 *Longitud hojas (m)*

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 11 no se encontraron diferencia estadística significativas ($P > 0.05$) y (C.V) 8.87% entre los tratamientos ni durante las 8 semanas de evaluación.

Sin embargo, el promedio muestra la variación en la velocidad de descomposición en los residuos de plátano a través de la longitud de las hojas durante 8 semanas de evaluación. Se observó una tendencia de reducción progresiva en la longitud de hojas, lo cual indica la velocidad del proceso de descomposición. Entre los tratamientos, se identificó al T3 (BAL), el cual empezó con un valor inicial de 2.21 m correspondiente a la primera semana, el cual presentó una reducción más notable al finalizar la octava semana de evaluación con un valor de 0.55 m, presentó un (C.V) 13.41 en comparación con T1 (testigo) registró una longitud de 2.23. Valores registrados en la primera semana 1 reduciéndose a 0.64 m, en la octava semana.

Un estudio similar realizado por Verma *et al.* (2024) mencionaron que los endófitos probióticos en plátano pudieron impactar principalmente en el procesos internos de la planta (nutrición, microbioma, resistencia) más que parámetros estructurales inmediatos, lo que sugirió que los tratamientos con microorganismos podrían actuar sin generar diferencias morfológicas evidentes en parámetros como longitud de hoja.

Este resultado encuentra un importante sustento en estudios similar sobre la aplicación microbioma asociado al cultivo de banano, según González *et al.* (2021). Esta investigación menciona que los lotes de plátano con mayor vigor biológico presentan,

significativamente, una mayor actividad y concentración de grupos microbianos específicos, como los Actinomicetos, los cuales son clave en la descomposición de la lignina.

Tabla 11. Velocidad de descomposición en la longitud de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	2.23 a	2.02 a	1.82 a	1.68 a	1.38 a	1.09 a	0.85 a	0.64 a
T2=Microorganismos	2.22 a	1.87 a	1.75 a	1.61 a	1.34 a	1.07 a	0.88 a	0.66 a
T3=Bacterias ácido lácticas	2.21 a	1.94 a	1.77 a	1.62 a	1.28 a	1.00 a	0.74 a	0.55 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	2.23 a	2.01 a	1.79 a	1.60 a	1.36 a	1.13 a	0.85 a	0.64 a
CV (%)	8.87	9.31	9.90	10.35	11.06	15.41	14.70	13.41
P> 0.05	0.2503	0.5038	0.7093	0.6569	0.6249	0.8128	0.6320	0.3627

*CV (%) = Coeficiente de variación. *^{abc}= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.2.2 Longitud de raquis (m)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 12, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la variable de longitud de raquis entre los tratamientos durante las semanas evaluadas ($P > 0.05$).

Sin embargo, el promedio evidenció la disminución progresiva en la longitud de raquis desde la semana 1 hasta la semana 6, periodo durante el cual se pudieron realizar las mediciones, con respecto a las semanas 7 y 8 no fue posible seguir con las mediciones debido al avanzado estado de descomposición del material vegetal. Se presentó una tendencia general en la reducción del tamaño del raquis, lo que refleja la velocidad del proceso de descomposición.

Se observó, que el tratamiento T1 (testigo) presentó el mayor valor inicial con 1.17 m, disminuyendo a 0.18 cm, al finalizar la semana 6 de evaluación. Por su parte, el tratamiento T3 (BAL) teniendo un valor inicial de 0.89 m y redujo notablemente a 0.06

cm, presentado un coeficiente de variación (C.V) que fue en aumentó a 122.20% en la sexta semana de evaluación.

El trabajo de Ruiz y López (2023), en su investigación sobre la descomposición del raquis proporciona la razón fundamental (la lignificación) de por qué la variable longitud de raquis es un desafío. Al mismo tiempo, valida que la única forma de lograr la reducción física observada es mediante la acción de microorganismos (ME) capaces de degradar esa matriz estructural.

De acuerdo a un estudio realizado por Valenzuela *et al.* (2019), señala procedimiento de compostaje, que incluye la influencia de inoculaciones con microorganismos como las bacterias lácticas (BAL) y *Saccharomyces cerevisiae*. En su estudio, se han evaluado variables vinculadas con la degradación de residuos, lo que significa que se han llevado a cabo análisis de alteraciones físicas, como la longitud del raquis durante el proceso de descomposición.

Tabla 12. Velocidad de descomposición en la longitud del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6
T1=Testigo	1.17 b	0.95 b	0.91 b	0.72 a	0.42 ab	0.18 a
T2=Microorganismos	0.84 a	0.79 a	0.74 a	0.60 a	0.31 a	0.07 a
T3=Bacterias ácido lácticas	0.89 a	0.83 ab	0.73 a	0.62 a	0.27 a	0.06 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	0.94 a	0.93 b	0.73 a	0.57 a	0.52 b	0.15 a
CV (%)	15.88	10.13	14.81	21.17	36.78	122.20
P> 0.05	0.0205	0.0353	0.0403	0.1720	0.0236	0.5971

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.3 Longitud de pseudotallo (m)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 13, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos ni entre las semanas de evaluación para la variable longitud de pseudotallo.

Sin embargo, el promedio muestra una tendencia general en la disminución progresiva en la longitud de pseudotallo durante las 8 semanas de evaluación, lo que refleja la velocidad en el proceso de descomposición de los residuos de plátano. El tratamiento T1 (testigo) en la primera semana inició con un valor 3.09 m reduciéndose a un valor final de 0.66 m al finalizar la octava semana de evaluación. En comparación con el tratamiento T3 (BAL) mostró una reducción notable; a diferencia de los otros tratamientos, comenzando con un valor inicial de 3.11 m reduciéndose a 0.39 m al finalizar el período de evaluación. Se observó un aumento en el coeficiente de variación (C.V) a medida que avanzaban las evaluaciones semanales, alcanzando 69.28% en la semana 8.

Un estudio similar realizado por Murgueitio *et al.* (2019) señala, que la susceptibilidad del pseudotallo a una rápida degradación, incluso en el Testigo, se debe a su composición química. Confirmaron que el pseudotallo de *Musa x paradisiaca* es un material lignocelulósico con una estructura que facilita el ataque microbiano. Presentaba un alto contenido de agua, presencia de azúcares reductores y macrominerales hacían que las vainas foliares sean inherentemente blandas y poco densas.

Otros estudios similar realizado por Tola *et al.* (2025) demostraron que la inoculación de bacterias promotoras (*Bacillus subtilis*) acelera los procesos biológicos y la asimilación de nutrientes en los residuos de musáceas.

Tabla 13. Velocidad de descomposición en la longitud del Pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	3.09 a	2.93 a	2.74 a	2.60 a	2.03 a	1.52 ab	0.99 a	0.66 a
T2=Microorganismos	3.11 a	2.83 a	2.65 a	2.51 a	1.80 a	1.59 ab	0.95 a	0.53 a
T3=Bacterias ácido lácticas	3.11 a	2.87 a	2.68 a	2.53 a	1.79 a	1.14 a	0.74 a	0.39 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	3.10 a	2.91 a	2.78 a	2.59 a	2.15 a	1.76 b	1.15 a	0.58 a
CV (%)	1.33	2.52	3.76	4.70	15.79	25.15	37.91	69.28
P> 0.05	0.0995	0.5570	0.5636	0.6797	0.1548	0.1121	0.2347	0.4681

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8 *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.4 Diámetro de hojas (cm)

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 14, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos ni a lo largo de las 8 semanas evaluadas.

Sin embargo, se evidenció que el promedio muestra una disminución favorable en el diámetro de las hojas durante las 8 semanas de evaluación, donde se observó un avance en el proceso de descomposición de los residuos de plátano. El tratamiento T2 correspondiente a (ME) mostró valores iniciales de un diámetro de 0.87 cm en la semana 1, el valor más alto entre los tratamientos, reduciéndose a un valor de 0.09 cm en la semana 8. En comparación el tratamiento T1 (testigo) comenzó con un valor inicial de 0.84 cm y reduciéndose a un valor de 0.10 cm, valores similares ha de los demás tratamientos.

El estudio realizó Velasco *et al.* (2024) valida que la celulosa y hemicelulosa constituyen las principales fracciones de las hojas, las cuales son fácilmente hidrolizadas por enzimas microbianas como celulasas y hemicelulasas, conduciendo a la pérdida de rigidez de la hoja y reducción de su volumen, manifestándose en la disminución del diámetro. El aumento del coeficiente de variación (CV) hasta 23.99% en la semana 8 indica

una heterogeneidad creciente, debida a que las venas y fibras más lignificadas resisten la degradación, mientras que la lámina foliar se desintegra más rápido.

Un estudio similar realizado por Zapata *et al.* (2020), indicaron que los microorganismos promotores y la aceleración de la mineralización en la descomposición de hojas de plátano, usando microorganismos eficientes (ME) y bacterias ácido lácticas comparados con el testigo, demostró una ligera ventaja sobre la actividad biológica y la velocidad de mineralización.

Tabla 14. Velocidad de descomposición en el diámetro de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	0.84 ab	0.69 a	0.61 a	0.51 a	0.36 a	0.26 ab	0.15 a	0.10 a
T2=Microorganismos	0.87 b	0.73 a	0.65 a	0.54 a	0.41 a	0.28 b	0.16 a	0.09 a
T3=Bacterias ácido lácticas	0.81 a	0.70 a	0.62 a	0.51 a	0.37 a	0.22 a	0.15 a	0.09 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	0.80 a	0.70 a	0.60 a	0.51 a	0.37 a	0.26 ab	0.17 a	0.12 a
CV (%)	3.59	4.73	7.81	10.51	15.28	15.05	16.03	23.99
P> 0.05	0.006	0.099	0.120	0.396	0.502	0.289	0.504	0.171
	1	5	2	4	5	0	5	6

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.5 Diámetro de raquis (cm)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 15, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en el diámetro de raquis entre los tratamientos en la mayoría de las semanas evaluadas. El coeficiente de variación osciló entre 10.40 y 35.78%.

En la primera semana de evaluación no se observaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los tratamientos con microorganismos tratados

El promedio muestra que, a lo largo de las 8 semanas de evaluación, el diámetro del raquis en los residuos de plátano disminuyó favorablemente en todos los tratamientos, evidenciando un avance en el proceso de descomposición. Por ejemplo, el testigo (T1) inició con un valor de 6.40 cm en la primera semana y se redujo hasta 1.40 cm en la semana 8. El tratamiento con bacterias ácido lácticas (T3) mostró una tendencia favorable, partiendo con un valor de 6.00 cm en la primera semana se redujo a 1.00 cm en la semana 8.

Un estudio realizado por Tinoco (2019) describe al raquis como la estructura central más leñosa y robusta del racimo, debido a su composición lignocelulósica, que incluye cantidades significativas de celulosa, hemicelulosa y una considerable proporción de lignina, la lignina actúa como un recubrimiento protector que encapsula las fibras de celulosa y hemicelulosa, lo que dificulta la acción de microorganismos descomponedores que deben secretar enzimas específicas llamadas ligninasas, las cuales actúan mucho más lentamente que las enzimas que degradan la celulosa. Este fenómeno explica la lentitud observada en la reducción del diámetro del raquis durante el proceso de descomposición, incluso en tratamientos con microorganismos eficientes.

Un estudio similar realizado por Caicedo *et al.* (2020) mencionan que el raquis es rico en fibra bruta y fibra detergente neutro, compuestos que constituyen una matriz lignocelulósica compleja. La acción de las BAL podría estar vinculada con la acidificación del medio por la producción de ácidos orgánicos, lo cual debilita la estructura de la matriz lignocelulósica al hidrolizar parcialmente la hemicelulosa. Esta permitirá que la degradación parcial expone la celulosa, lo que facilita la acción microbiana de otras enzimas y microorganismos presentes, creando así un efecto sinérgico que acelera la descomposición.

Tabla 15. Velocidad de descomposición en el diámetro del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	6.40 a	4.90 b	5.40 a	4.40 a	3.80 a	3.20 a	2.00 a	1.40 a
T2=Microorganismos	5.80 a	4.16 ab	4.68 a	4.00 a	3.20 a	2.60 a	1.80 a	1.00 a
T3=Bacterias ácido lácticas	6.00 a	4.16 ab	4.40 a	4.00 a	3.40 a	2.60 a	1.80 a	1.00 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	5.60 a	3.70 a	4.80 a	4.20 a	4.20 a	3.00 a	2.20 a	1.60 a
CV (%)	13.29	10.40	15.91	19.30	25.38	21.25	24.33	35.78
P > 0.05	0.351	0.010	0.381	0.432	0.300	0.221	0.280	0.497
	8	0	8	0	1	6	0	1

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.6 Diámetro de pseudotallo (cm)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 16, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) se requirió un (C.V) de 8.33% en el diámetro de pseudotallo entre los tratamientos durante las semanas evaluadas.

En las primeras 5 semanas de evaluación no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable correspondiente al diámetro del pseudotallo, demostrando que en estas etapas los tratamientos no afectaron de manera diferenciada en el avance de descomposición. A de la semana específica donde hubo diferencia significativa.

En la semana 6, el T2 (ME) presentó el diámetro más bajo con 10.40 cm. A diferencia el T4 (Hongo *Saccharomyces*) mostró el mayor diámetro de pseudotallo con un valor de 12.00 cm.

Sin embargo, el promedio muestra una disminución progresiva en el diámetro del pseudotallo de los residuos de plátano a lo largo de las 8 semanas de evaluación, lo que refleja el avance progresivo en el proceso de descomposición. Por ejemplo, T1 (testigo)

inició con un valor de 17.40 cm correspondiente a la primera semana de evaluación reduciéndose a 8.40 cm en la semana 8. En comparación, con el T3 (BAL) comenzó con valor inicial de 18.40 cm y disminuyó a 7.80 cm al concluir el periodo evaluado.

De acuerdo con un estudio similar realizado por Romero *et al.* (2024) mencionan que el diámetro de pseudotallo mostró datos de reducción aproximada del 75% en un tiempo de evaluación de 8 semanas con respecto a la descomposición de los residuos, convirtiéndose en una de las variables con una mayor velocidad de degradación en residuos, solo siendo superada por el diámetro de las hojas. Esta disminución evidencia la pérdida progresiva de masa y estructura del pseudotallo, un componente clave en los residuos de musáceas, cuya descomposición está facilitada por el contenido significativo de celulosa y hemicelulosa, elementos susceptibles a la acción microbiana.

Tabla 16. Velocidad de descomposición en el diámetro del pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	17.40 a	16.40 a	16.00 a	15.40 a	13.80 a	11.40 ab	10.00 a	8.40 a
T2=Microorganismos	17.60 a	15.00 a	15.00 a	15.80 a	12.80 a	10.40 a	9.60 a	7.80 a
T3=Bacterias ácido lácticas	18.40 a	16.30 a	14.80 a	14.60 a	12.80 a	11.20 ab	9.20 a	7.80 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	17.00 a	17.20 a	15.40 a	14.80 a	14.00 a	12.00 b	10.20 a	8.00 a
CV (%)	8.33	19.29	10.89	10.30	7.20	7.57	12.84	30.04
P> 0.05	0.1297	0.9320	0.3823	0.2600	0.3959	0.0473	0.4770	0.5964

*CV (%) = Coeficiente de variación. *^{abc}= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.7 Peso de hojas (kg)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 17, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) con un (C.V) de 16.24% para la variable correspondiente al peso de hojas entre los tratamientos durante las semanas de evaluación. En las primeras dos semanas no se presentaron diferencias.

En la semana 3, las diferencias se presentó diferencia estadística entre los tratamientos, el T4 (Hongo *Saccharomyces*) presentó un valor de 0.88 kg a diferencia del T1(testigo) que obtuvo un valor de 1.09 kg.

En la semana 8, el peso de hojas mostró una reducción considerable en proceso de descomposición en todos los tratamientos, T3 (BAL) presentó el valor más bajo 0.02 kg, a diferencia del T1 (testigo) que obtuvo un valor de 0.08 kg, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos. estos resultados indican, que, aunque los tratamientos favorecen a la reducción del peso de las hojas, no se lograron diferencias estadísticamente significativas entre las semanas evaluadas.

Un estudio realizado por Andrade *et al.* (2019), determinaron que la aplicación de Microorganismos Eficientes (ME) es un factor clave que acelera significativamente la pudrición de las hojas de banano. Aunque los datos exactos de pérdida de peso no se detallan en la información disponible, la investigación concluyó que el uso de Microorganismos Eficientes (ME) acelera significativamente el proceso. Esta aceleración es crucial debido a la composición intrínseca de la hoja, la cual es rica en lignina y fibra, componentes que naturalmente la hacen más resistente y lenta de degradar en condiciones normales.

El principal resultado cualitativo y práctico fue: El tratamiento que incluyó la inoculación de la biomasa de banano (incluyendo hojas) con ME obtuvo una mayor velocidad de pudrición y una liberación de nutrientes más rápida en comparación con la descomposición natural.

Un estudio similar realizado por López y Hasang (2024) mencionan que existen agentes reconocidos por su capacidad de descomponer residuos lignocelulósicos debido a

la secreción de enzimas extracelulares potentes, como celulasas y ligninasas. Estos hongos desempeñan un papel fundamental en el biocontrol y bioestimulación acelerando la degradación de residuos orgánicos.

Tabla 17. Velocidad de descomposición en el peso de las hojas bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	1.88a	1.38 a	1.09 ab	0.83 a	0.56 a	0.24 a	0.14 a	0.08 b
T2=Microorganismos	1.94a	1.48 a	1.16 b	0.93 a	0.54 a	0.20 a	0.14 a	0.07 ab
T3=Bacterias ácido lácticas	1.79 a	1.20 a	1.01 ab	0.80 a	0.42 a	0.16 a	0.08 a	0.02 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	1.79 a	1.25 a	0,88 a	0.75 a	0.45 a	0.16 a	0.11 a	0.05 ab
CV (%)	16.24	21.84	17.65	16.14	23.79	36.25	40.90	66.18
P> 0.05	0.196	0.568	0.273	0.222	0.539	0.554	0.501	0.241
	4	0	3	7	0	4	1	7

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *^{abc}= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.8 Peso de raquis (kg).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 18, se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para la variable peso de raquis en la mayoría de las semanas evaluadas. A medida que avanza el proceso, el coeficiente de variación (C.V) 21.46% se incrementó notablemente, alcanzando (C.V) 59.86% en la última semana, lo que indica mayor dispersión de los datos en etapas finales de descomposición

En la semana 1, se registró disminución en el peso del raquis entre los tratamientos. T3 (BAL), registrando un valor de 1.28 kg en comparación del T1 (testigo) que registró el mayor peso del raquis con un valor de 1.89 kg,

En la semana 2, el peso del raquis disminuyó en todos los tratamientos. T4 (Hongo *Saccharomyces*) registró un valor de 1.08 kg. En comparación con el T1 que mostro poco avance en la descomposición registrando un valor de 1.56 kg.

En la semana 3, todos los tratamientos continuaron progresivamente en la descomposición, T2 (ME) registro un valor de 0.97 kg, en comparación con el T1 (testigo) que mostró un valor de 1.48 kg.

En la semana 4, el peso de raquis presentó una disminución habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, T4 (Hongo *Saccharomyces*), registro un valor de 0.81 kg. En comparación con T1 (testigo), registrando un valor de 1.26 kg.

En la semana 5 presentó una disminución notable en el T2 (ME) al registrar un valor 0.67 kg, mientras que el T1 (testigo) obtuvo el menor valor con 0.96 kg.

En la semana 6, el peso de raquis disminuyo notable en el T3 (BAL) registrando un peso de 0.29 kg. La variación de datos se incrementó considerablemente en comparación del T1 (testigo) presentado un alto de 0.57 kg.

La penúltima semana 7, mostró valores más bajos evidenciando una descomposición progresiva entre los tratamientos, el T2 (BAL) reguito un valor de 0.12 kg a diferencia del T1 (testigo) con 0.27 kg.

Mientras que en la semana 8, el tratamiento T3 (BAL) presentó una disminución notable, con un valor de 0.06 kg evidenciándose el efecto del tratamiento con (BAL) sobre la degradación del material vegetativo. En comparación con el tratamiento sin aplicación

De acuerdo con un estudio realizado en la Universidad Agraria del Ecuador por Orellana y Martillo (2019), se ha reportado que la aplicación de microorganismos e inoculantes biotecnológicos en residuos de raquis de banano favorecieron la reducción significativa de peso en estos residuos, así como mejoras en la producción y calidad del cultivo, confirmando la capacidad degradativa de estos microorganismos (ME). Este resultado evidencia una progresiva disminución en peso de raquis que se observó en el tratamiento T3 (BAL), logrando una descomposición más eficiente en comparación con el testigo.

Un estudio realizado por Ortiz *et al.* (2021), quienes llevaron a cabo medición en la biomasa de residuos como raquis, hojas y pseudotallo en plantaciones de banano (*Musa AAA*) en Ecuador, demostraron que el raquis constituye una fracción importante de la biomasa total del cultivo, con un peso considerable en plantas completas (hasta varios kilogramos por planta), representando un residuo de alta disponibilidad y potencial uso para procesos biotecnológicos. No obstante, los autores mencionan que, si esta biomasa no se gestiona de manera adecuada, su prolongado proceso de descomposición natural resulta en emisiones de carbono y contaminación ambiental.

Tabla 18. Velocidad de descomposición en el peso del raquis bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	1.89 b	1.56 b	1.48 b	1.26 b	0.96 b	0.57 a	0.27 b	0.12 a
T2=Microorganismos	1.28 a	1.12 a	0.97 a	0.86 a	0.67 a	0.29 a	0.14 a	0.08 a
T3=Bacterias ácido lácticas	1.28 a	1.11 a	1.00 a	0.86 a	0.72 a	0.31 a	0.12 a	0.06 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	1.32 a	1.08 a	0.99 a	0.81 a	0.71 ab	0.36 a	0.15 a	0.07 a
CV (%)	21.46	21.77	23.95	27.00	29.78	40.90	44.04	59.86
P > 0.05	0.015	0.022	0.017	0.015	0.041	0.026	0.010	0.091
	3	1	9	1	8	9	5	6

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

3.2.9 Peso de pseudotallo (kg)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 19, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) peso del pseudotallo entre los tratamientos ni durante las 8 semanas evaluadas. Con respecto al coeficiente de variación (C.V) 27.01% inicial muestran cierta variabilidad en las mediciones, aumentando especialmente en las últimas semanas de evaluación, lo cual es común en procesos de descomposición.

Durante las semanas de evaluación no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable correspondiente al diámetro al peso del pseudotallo, demostrando que en estas etapas los tratamientos no afectaron de manera diferenciada en el avance de descomposición.

Aunque los datos no fueron estadísticamente significativos, los valores mostraron una disminución progresiva a lo largo del periodo de evaluación, evidenciando un avance progresivo en el proceso de descomposición en los residuos de plátano. El T3 (BAL) empezó con un valor de 51.02 kg en la primera semana de evaluación, reduciéndose a 9.89 kg, en comparación con El T1 (testigo) presentó un peso inicial de 55.02 kg en la semana 1 de evaluación, reduciéndose a 15.50 kg en la semana 8.

Estos resultados sugieren que, para esta variable, el tiempo influyo directamente en la disminución de los valores medidos, para los tratamientos aplicados no generaron diferencias estadísticamente significativas durante el periodo estudiado.

Investigaciones realizadas en la Universidad Técnica de Babahoyo por Galarza y Parrales (2025) mencionan que las bacterias del género *Bacillus*, fundamentalmente presentes en los consorcios microorganismos eficientes, cumplen con una función esencial en la degradación de residuos frescos como el pseudotallo, actuando mediante mecanismos aeróbicos y anaeróbicos que facilitan la descomposición y liberación de nutrientes bioasimilables. Esto se relaciona con la disminución observada en el peso del pseudotallo, lo que sugiere que, a pesar de no presentar diferencias estadísticas entre tratamientos en el tiempo evaluado, la acción microbiológica ocurre de manera paulatina y acumulativa.

Un estudio por Valdez (2024) destaca la importancia de los consorcios microbianos, donde hongos como *Trichoderma spp.* aportan una potente capacidad hidrolítica mediante la secreción de enzimas celulolíticas y ligninolíticas, mientras que bacterias como *Bacillus spp.* complementan esta acción facilitando la liberación de nutrientes y creando condiciones óptimas para la degradación. Esta sinergia microbiana potencia el proceso de descomposición, haciéndolo más rápido y eficiente que el uso de cultivos puros.

Tabla 19. Velocidad de descomposición en el peso del pseudotallo bajo el efecto de la aplicación microorganismos en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	55.02 a	45.98 a	43.31 a	39.40 a	35.57 a	28.41 a	20.64 a	15.50 a
T2=Microorganismo	51.42 a	46.23 a	43.51 a	39.10 a	34.40 a	27.36 a	18.19 a	13.03 a
T3=Bacterias ácido lácticas	51.02 a	46.32 a	43.82 a	38.98 a	33.95 a	25.90 a	14.26 a	9.89 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	47.30 a	44.18 a	41.21 a	38.36 a	31.36 a	24.25 a	17.02 a	12.48 a
CV (%)	27.01	22.15	23.26	23.15	24.23	34.96	39.46	40.16
P> 0.05	0.940	0.960	0.943	0.966	0.883	0.957	0.814	0.617
	3	4	9	1	6	4	0	8

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *^{abc}= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.2.10 Peso total (kg)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 20, en la variable Peso total (kg), no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos a lo largo de las 8 semanas evaluadas. Los coeficientes de variación (C.V) inicial de 25.33% aumentaron con el tiempo, alcanzando cerca de 40% en las semanas finales, lo que indica una mayor dispersión de los datos conforme avanza el proceso de descomposición y la heterogeneidad del material residual aumenta.

El análisis muestra una tendencia clara de disminución progresiva en el peso total de los residuos de plátano, reflejando la descomposición gradual del material. Se observaron valores de reducción entre los tratamientos T1 (testigo) inició con un peso de 58.79 kg en la semana 1, que disminuyó hasta 15.70 kg en la semana 8. Los tratamientos con T2 (ME), T3 (BAL) y T4 (Hongo *Saccharomyces*) siguieron un patrón similar, presentando valores decrecientes en la biomasa total durante el tiempo de evaluación.

Un estudio por Tian *et al.* (2023) como el del agente biológico *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 en banano, la interacción microbiana modifica no solo la

comunidad de microorganismos en el suelo, sino que también impacta positivamente la cantidad y calidad de biomasa vegetal. En el caso de la descomposición de residuos de plátano, la aplicación de microorganismos eficientes puede acelerar la reducción del peso total de las hojas, pseudotallos y raquis, promoviendo la liberación de nutrientes esenciales para el suelo, lo que favorece la regeneración del cultivo y la salud del ecosistema.

Tabla 20. Velocidad de descomposición en el peso total de los residuos tratamientos tratados con microorganismos.

Tratamientos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1=Testigo	58.79 a	48.92 a	45.88 a	41.49 a	37.08 a	29.22 a	21.05 a	15.70 a
T2=Microorganismos eficientes	54.64 a	48.83 a	45.64 a	40.90 a	35.60 a	27.86 a	18.47 a	13.17 a
T3=Bacterias ácido lácticas	54.08 a	48.63 a	45.83 a	40.65 a	35.09 a	26.38 a	14.46 a	9.97 a
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	50.40 a	46.51 a	43.08 a	39.92 a	32.52 a	24.78 a	17.28 a	12.60 a
CV (%)	25.33	21.20	22.37	22.31	23.45	34.52	39.09	39.90
P > 0.05	0.9290	0.9531	0.9353	0.9509	0.8596	0.9532	0.8065	0.6114

*S1 a S8= Semana 1 a semana 8. *CV (%) = Coeficiente de variación. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.3. Características físicas

3.3.1 Color

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 21 los resultados de color muestran variaciones significativas entre los tratamientos. T1 (testigo), el material presenta un porcentaje verde 27.5%, seguido del café/amarillo 22.5% y color negro 32.5%, indicando un proceso de descomposición avanzada pero todavía con presencia de material menos degradado.

Los tratamientos con T3 (BAL) y T4 (Hongo *Saccharomyces*) muestran valores de material verde 17.5% en ambos materiales, café/amarillo 37.5% y 30%, respectivamente un contenido de negro ligeramente menor en el caso de las bacterias ácido lácticas 27.5% y similar al testigo en el caso del hongo 35%.

De acuerdo con estudio similar realizado por Zhang *et al.*, (2024) donde se destacaron la actividad inoculación entre los tratamientos con una combinación de microorganismos como bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus*) y el hongo *Saccharomyces* acelera el tiempo descomposición y mejora la madurez del compost, favoreciendo además un aumento en la humificación y cambios en la coloración hacia tonos más oscuros, asociados a una mayor estabilización del material orgánico.

Tabla 21. Color de los residuos bajo el efecto de la aplicación microorganismos eficientes en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	Verde	Amarillo/Verde	Café/amarillo	Negro	Total %
T1=Testigo	27.5	17.5	22.5	32.5	100
T2=Microorganismos	28	12.5	25	35	100
T3=Bacterias ácido lácticas	17.5	17.5	37.5	27.5	100
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	17.5	17.5	30	35	100

3.3.2 Textura

De acuerdo con los datos observados en la tabla 22 los resultados muestran que los tratamientos aplicados tuvieron diferentes impactos en el estado del material evaluado. En términos generales, el material tiende a pasar de un estado más entero y fibroso hacia estados más degradados como flexible, quebradizo y deshecho, según el tipo de tratamiento. Especialmente, el T3 (BAL) y el T4 (Hongo *Saccharomyces*) son los que mayormente reducen la fracción entera/fibrosa y aumentan el material deteriorado, lo que sugiere que estas opciones biológicas son más efectivas para acelerar la descomposición o transformación del material.

Un estudio similar realizado por Rachwał y Gustaw,(2024) se menciona que la inoculación con (BAL) acelera la degradación de la materia orgánica, favoreciendo la transformación del material de estados más enteros y fibrosos hacia texturas más flexibles, quebradizas y deshechas, como se observa en los tratamientos T3 y T4, evidenciando una descomposición más avanzada y eficiente.

En una investigación semejante hecha, por Rivera et al., (2020), se indica que inocular con *Saccharomyces cerevisiae* acelera el proceso de compostaje de manera eficaz al desintegrar la materia orgánica rápidamente. Esto propicia que el material de estados más íntegros y fibrosos se convierta en texturas más frágiles, quebradizas y deshechas, como se puede ver en los tratamientos T3 (BAL) y T4 (*Saccharomyces*), lo cual demuestra una degradación más eficiente y avanzada debido a la intervención de microorganismos.

Tabla 22 Textura de los tratamientos bajo el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Tratamientos	Entero/Fibroso	Flexible	Quebradizo	Deshecho	Total (%)
T1=Testigo	47.5	10	20	22.5	100
T2=Microorganismos	42.5	12.5	17.5	27.5	100
T3=Bacterias ácido lácticas	27.5	20	30	22.5	100
T4=Hongo <i>Saccharomyces</i>	30	22.5	17.5	30	100

3.3.3 Análisis de laboratorio

La muestra enviada a laboratorio fue proveniente del T3 (BAL) los datos se observan en la tabla 23 el análisis de laboratorio del compost revela un alto contenido de humedad y una materia seca muy baja, lo que puede afectar negativamente su madurez y estabilidad. En cuanto la relación carbono/nitrógeno (C/M) está por encima del rango óptimo, lo que evidencia un desequilibrio lo que limita la disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos.

Los resultados presentan un pH adecuado, con una concentración de materia orgánica y niveles importantes de nutrientes minerales, lo que indica un potencial fertilizante significativo. Los resultados muestran características favorables en términos de

nutrientes y pH, requiere ajustes para reducir la humedad excesiva y mejorar la proporción (C/N) para alcanzar una madurez óptima y garantizar su calidad como producto final.

Los tratamientos biológicos tratados con T3 (BAL) aplicados contribuyen a acelerar y degradación en los residuos de plátano, siendo una estrategia efectiva para mejorar el proceso de descomposición de los residuos tras la cosecha, se concluye que los tratamientos T3 (BAL) y T4 (Hongo *Saccharomyces*) favorecen un aumento notable en los estados flexibles, quebradizos y deshechos, reflejando una mayor eficiencia en la transformación y descomposición del material.

De acuerdo con un estudio similar realizado por Rivas y Silva (2020) Una humedad tan elevada (88.0%) saturó los microporos del material, lo que provocó una condición anóxica (falta de oxígeno) y la inhibición de la actividad aeróbica de los microorganismos. Esto explica por qué, a pesar de la aplicación biológica (T3 - BAL), el producto final no alcanzó la madurez adecuada ni una Materia Seca aceptable. Las altas tasas de humedad son un indicador de falta de aireación y pérdida de estabilidad estructural, lo cual contradice el objetivo de un compostaje eficiente.

De acuerdo con un estudio similar realizado por Gutiérrez *et al.* (2024) establecen que la Relación Carbono /Nitrógeno es uno de los criterios más cruciales para evaluar la madurez y la estabilidad del producto. Sugieren que cuanto más bajo sea el índice C/N, mayor es el grado de madurez alcanzado. La C/N alta (41.1:1) del T3 indica que, si bien la aplicación de las bacterias ácido lácticas (BAL) pudo haber iniciado una degradación rápida de azúcares y almidones, el proceso de mineralización del carbono complejo (lignina/celulosa) y la estabilización del nitrógeno no se completó. La alta C/N implica que el material aún contiene grandes cantidades de carbono lábil.

Tabla 23. Resultado del Análisis de laboratorio bajo el efecto de la aplicación microorganismos eficientes en la descomposición de residuos del cultivo de plátano y su potencial agroecológico.

Análisis	Unidad	Valores de Orientación <i>Niveles Adecuadas para un Compost de Buena Calidad</i>	Resultado
Materia Seca	%	50-70	12.0
Humedad	%	30-50	88.0
Densidad (materia fresca, presión 0.1 kg/cm²)	g/L	-	879
Densidad Aparente (0% Humedad)	g/L	> 200	105
pH (Volumen 1:1 1/2)	-	7.0-8.5	7.6
Conductividad - CE (Volumen 1:1 1/2)	Ms/cm	> 4	7.18
Materia Orgánica	%	> 65	78.1
Carbono (C)	%	> 38	45.4
Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)	%	10:1 hasta 20:1	41.1
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	%	> 2.0	1.11
Fósforo (P)	%	> 0.2	0.33
Potasio (K)	%	> 1.5	5.00
Magnesio (Mg)	%	> 0.2	0.27
Calcio (Ca)	%	> 1.5	2.12
Sodio (Na)	%	> 0.2	0.20
Hierro (Fe)	ppm	-	940
Manganeso (Mn)	ppm	-	181
Cobre (Cu)	ppm	-	9.7
Zinc (Zn)	ppm	-	37.6
Boro (B)	ppm	-	41.6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La humedad y temperatura de los residuos influyeron significativamente en la eficiencia de la descomposición, estos parámetros se mantuvieron dentro de rango óptimo lo que estimuló la actividad microbiana.

El peso de los residuos orgánicos disminuyó progresivamente en todos los tratamientos, no obstante, se evidenció un grado superior en la descomposición con el uso de microorganismos y bacterias ácido láctica, estos tratamientos alcanzaron un nivel de descomposición del 70% y 80%, respectivamente.

Mediante el análisis químico se evidenció que el tratamiento con bacterias ácidos lácticas incrementó el proceso de descomposición, contribuyendo en la composición nutricional y el aumento de la materia orgánica, lo que favorece la salud y fertilidad del suelo.

Recomendaciones

Se sugiere fomentar el uso de microorganismos en los cultivos de plátano con el fin de optimizar el manejo de los residuos generados tras la cosecha. Además, capacitar a los agricultores en el uso adecuado y control de condiciones ambientales para optimizar la biodegradación.

Finalmente, fomentar investigaciones adicionales que permitan desarrollar microorganismos especializados para residuos lignocelulósicos y evaluar el uso agronómico del material descompuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, Y., Hidalgo, A., Herrera, C. 2019. Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musaceae paradisiaca* L). *Rev. Cognosis* 10, 1–30.
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves, F., Rubio, G., Yanza, R., Caicedo, M., 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. *Rev. Investig. Vet. Perú* 31, 1-19.
- Castillo, L. 2019. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (em) en el distrito de Huayucachi, Huancayo [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].
- Castillo, Y. 2022. Establecimiento tecnificado del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), como alternativa de producción diferente al monocultivo de café en la vereda La Florida. [Trabajo de titulación, Universidad de la Salle, Huila, Colombia].
- Charvet, P., & Espinosa, M. 2014. El banano en el Ecuador: transnacionales, modernización y subdesarrollo. Corporación Editora Nacional, Quito-Ecuador.
- Constante, R., & Arzube, M. 2024. Evaluación del efecto del número de hijos en el comportamiento agronómico de (*Musa paradisiaca*) var. Hartón, en la parroquia Colonche, recinto Clementina - provincia de Santa Elena". [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].
- Diaz, K., & Benítez, H. 2024. Microorganismos eficientes, mecanismo, formas de acción y aplicaciones en la ganadería. *Rev. Veterinaria Argentina*, 40(2), 1–10.
- FAO., (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2025. Banano: mercados y comercio.
<https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/bananas-tropical-fruits/bananas/es>

- Galarza, E., & Parrales, Y. 2025. Influencia de microorganismos en la elaboración de bokashi con residuos del cultivo de banano (*Musa sp*). [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. Los Ríos – Ecuador.
- Gómez, J., Sánchez, Ó., & Matallana, I. 2021. Procesos de transformación: perspectiva de aprovechamiento para los residuos de la agroindustria del plátano. *Prod. Limpia* 16(1), 6–30.
- González, H., González, A., Pineda, M., Escalante-, L., Rodríguez, G., & Soto, A. 2021. Microbiota edáfica en lotes de plátano con vigor contrastante y su relación con propiedades del suelo. *Rev. Bioagro* 33(1), 1–8.
- Granda, O., Reyes, Y., Porras, M., & San Martín, D. 2025. Efectos de los sistemas de compostaje en las propiedades físicoquímicas de compost de desechos agrícolas. *Rev. Sapiens* 2(1), 1–21.
- Gutiérrez, L., Ojeda, D., Ávila, G., Hernández, A. 2024. Características cambiantes durante el compostaje y valores indicativos de calidad en el producto final. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 40(3), 467–484.
- Huacho, G. 2024. Uso de microorganismos eficientes y su impacto térmico en el compostaje de residuos orgánicos. *Rev. Sciencevolution* 4(1), 100–106.
- INIAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2025. Análisis químico de suelos.
<https://tecnologia.iniap.gob.ec/categoria-producto/servicios-iniap/laboratorios/laboratorio-suelos-plantas-agua/análisis-quimico-de-suelos/>
- Jaramillo, L., Macías, D. 2020. Evaluación de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos en banano (*Musa paradisiaca*). [Trabajo de titulación,

Universidad Agraria del Ecuador Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Ingeniería Agronomica] Milagro – Ecuador.

Loja, G., Llerena, Á., 2022. Aplicación de lixiviado a base de raquis de banano como abono foliar en el cultivo de banano en la zona de Machala.

López, A., Hasang, E., 2024. Efecto del *Trichoderma harzianum* en el desarrollo vegetativo del Cultivo de banano (*Musa Aaa*) cantón Machala Provincia de el Oro. [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Guayaquil – Ecuador.

López, J., Navarro, M., Rad, C. 2014. Compostaje de residuos orgánicos y seguridad medioambiental. Editorial Universidad de Burgos.

Martínez, G., Rey, J. 2021. Bananos (*Musa aaa*): importancia, producción y comercio en tiempos de COVID-19. Agron. Mesoam. 32(1), 1034–1046.

Mondejar, M., Avtar, R., Díaz, H., Dubey, R., Esteban, J., Gómez, A., Hallam, B., Mbungu, N., Okolo, C., Prasad, K., She, Q., Garcia, S. 2021. Digitalization to achieve sustainable development goals: steps towards a smart green planet. Sci. Total environ. 794.

Morocho, M., Leiva, M. 2019a. Microorganismos e cientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Rev. Cent. Agríc. 46(1), 93–103.

Morocho, M., Leiva, M. 2019b. Microorganismos e cientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Rev. Cent. Agríc. 46(2), 1–11.

Murgueitio, E., Campo, M., Nirchio, M., Cuesta, O., Tocto, J. 2019. Composición química y actividad biológica del pseudotallo de *Musa x paradisiaca l* (banano). Rev. Cienc. Unemi 12(1), 1–2.

- Noboa, B. 2021. Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de cacao (*Theobroma cacao l*). [Trabajo de Titulación, Universidad Agraria del Ecuador] Guayaquil – Ecuador.
- Ocampo, P., Montealegre, G. 2022. Evolución económica y productiva del sector bananero de la provincia de El oro en el período 2011 – 2020. Rev. Researchgate 7(2), 260–270.
- Ordoñez, K., Ordoñez, L., Chuquimbal, D., Huanaco, D., Navarro, J., Ordoñez, V. 2025. Comparación de la eficiencia de microorganismos eficientes y de montaña en el compostaje de residuos orgánicos. Rev. Bionatura journa., 2(1), 1–19.
- Orellana, C., Martillo, J. 2019. Influencia de dos residuos de cosecha más microorganismos eficientes en el desarrollo y producción de banano (*Musa acuminata*), El Guabo - El Oro. [Trabajo de Titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Milagro – Ecuador.
- Ortiz, J., Abril, M., Peláez, M., Zalamea, T. 2021. Biomass yield and carbon abatement potential of banana crops (*Musa spp.*) In Ecuador. Environ. Sci. Pollut. Res. 28(1), 18741–18753.
- Rachwał, K., Gustaw, K. 2024. Lactic acid bacteria in sustainable food production. Sustainability 16(8), 3362.
- Rivas, M., Silva, R. 2020. Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). Rev. Cienc. Unemi 13(1), 87–100.
- Rivera, M., Caracela, E., Morales, L. 2020. Composition process for saccharomyces cerevisiae at an educational institution in peru. Rev. Científica electrónica cienc. Humanas sci. E-j. Hum. Sci. 1(1), 109–119.

- Rivera, M., Caracela, E., Morales, L. 2020. Proceso de compostaje por *Saccharomyces cerevisiae* en una institución educativa en Perú. *Orb. Rev. Cienc. Humanas* 16, 109–119.
- Romero, E., Zúñiga, X., Romero, B., Tapia, D., Carrasquero, E. 2024. La eco sustentabilidad: una nueva forma productiva con el aprovechamiento de las fibras del pseudotallo de banano. *Estud. Pespevistas* 4, 1–20.
- Ruiz, E., López, E. 2023. Evaluación del proceso de cavitación hidrodinámica para el tratamiento de los lixiviados generados en el almacenamiento de residuos orgánicos del municipio de villa de san diego de ubaté. [Trabajo de Titulación, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Bogotá-Colombia.
- Ruvalcaba, J., Arteaga, R., Domínguez, G., Galindo, A., Salazar, G., Martínez, M., Delgado, R. 2019. Uso de bacterias ácido lácticas para descontaminación de estiércol porcino mediante ensilaje experimental. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 35(1), 247–257.
- Salazar, A., Calderón, G., Intriago, J. 2025. Enhancing compost quality with bacillus bacteria: leveraging cocoa shells and banana pseudostems. *Vis. Sustain.* 23, 63–92.
- Sánchez, M., León, J. 2021. *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de plátano en el Ecuador” [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica]. Babahoyo- Los Ríos - Ecuador.
- Solano, A., Ponce, W., Zambrano, F. 2022. Biodigestion anaerobica de residuos de musaceas: caso ecuador. *Biotempo* 19(1), 51–63.
- Suárez, C., Véliz, D. 2019. “Efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus spp* y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad williams en el cantón valencia provincia de los ríos”. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería Agropecuaria]. Valencia – Los Ríos – Ecuador.

- Tian, L., Zhang, W., Zhou, G., Li, S., Wang, Y., Yang, B., Bai, T., Fan, H., He, P., Zheng, S.-J. 2023. A biological product of *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 strain for promoting banana plant growth and modifying rhizosphere soil microbial diversity and community composition. *Front. Microbiol.* 14.
- Tinoco, B. 2019. Paladines condoy darwin fabian ingeniero químico. Universidad técnica de máchala, máchala.
- Tola, D., López, M., Limachi, I. 2025. Efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita en el rendimiento del banano (*Musa aa*). *Univ. Agrar. Ecuad.* 10, 1–13.
- Tola, D., López, M., Limachi, I. 2024. Dinámica de propiedades físicas y químicas del proceso de compostaje con diferentes dosis de microorganismos eficientes. *Rev. Investig. E innov. Agropecu. Recur. Nat.* 11, 1–12.
- Valdez, D. 2024. Evaluación de microorganismos antagonistas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* m. Morelet) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* x *m. Balbisiana*). [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador] Guayaquil - Ecuador.
- Valenzuela, J., Rodríguez, R., Vargas, C., Grijalva, A., Mercader, O. 2019. Biodegradation of plantain rachis using phytopathogenic fungi for composting. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 19, 533–541.
- Velasco, D., Sánchez, R., Quevedo, J., Chabla, J., García, R. 2024. Mulch y microorganismos eficientes: efectos en el manejo de salinidad del suelo en banano. *Rev. Metrop. Cienc. Apl.* 7, 221–233.
- Verma, L., Raj, K., Dippal, Ismail, S., Chowdhury, T., Soni, R. 2024. Banana plant waste composting through microbial inoculation and its performance in spinach. *Int. J. Recycl. Org. Waste agric.* 13, 1–10.

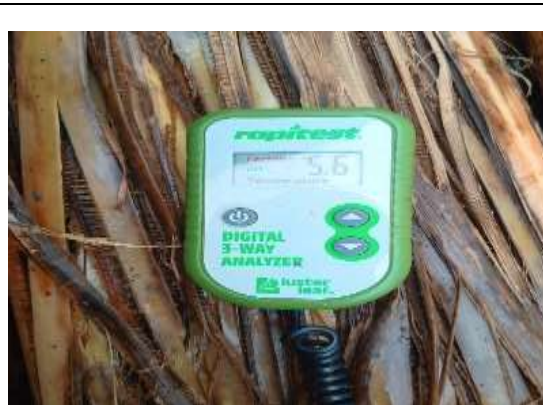
- Vézina, A., Baena, M. 2020. Morfología de la planta del banano. Improv. Underst. Banana.
Url <http://www.promusa.org/morfolog%c3%ada+de+la+planta+del+banano>
- Zambrano, F., Macías, D. 2022. Efecto de la aplicación de *Saccharomyces* y *trichoderma* en la descomposición de residuos de podas del cultivo de guanabana (*Annona muricata*). [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Milagro – Ecuador.
- Zapata, C., Paladines, A., Ramírez, D., Reyes, A. 2020. Caracterización del microbioma de plantas de banano (*Musa × paradisiaca l.*) bajo sistemas de producción orgánico y convencional. Aci av. En cienc. E ing. Especial.
- Zhang, Z., Gu, Y., Wang, S., Zhen, Y., Chen, Y., Mao, Y., Meng, J., Duan, Z., Xu, J., Wang, M. 2024. Effective microorganism combinations improve the quality of compost-bedded pack products in heifer barns: exploring pack bacteria-fungi interaction mechanisms. BMC microbiol. 24, 302.

ANEXOS

	
<p>Anexo 1 Preparación del área experimental</p>	<p>Anexo 2 Selección de racimos a cosechar</p>
	
<p>Anexo 3 Cosecha de plátano</p>	<p>Anexo 4 Recolección de residuos</p>
	
<p>Anexo 5 Colocación de los residuos en el área experimental.</p>	<p>Anexo 6 Peso inicial de las hojas.</p>



Anexo 7 Peso inicial de raquis



Anexo 8 Toma datos de ph



Anexo 9 Peso inicial del pseudotallo



Anexo 10 Toma de dato de temperatura



Anexo 11 Aplicación del tratamiento(T1)



Anexo 12 Aplicación del tratamiento(T2)



Anexo 13 Aplicación del tratamiento(T3)



Anexo 14 Aplicación del tratamiento(T4)



Anexo 15 Raquis en la semana 2 de evaluación



Anexo 16 Pseudotallo en la semana 2 de evaluación



Anexo 17 Hojas en la semana 2 de evaluación



Anexo 18 Hojas en la semana 3 de evaluación



Anexo 19 Pseudotallo en la semana 3 de evaluación



Anexo 20 Raquis en la semana 3 de evaluación



Anexo 21 Raquis en la semana 4 de evaluación



Anexo 22 Hojas en la semana 4 de evaluación



Anexo 23 Toma de datos pH



Anexo 24 Peso de pseudotallo



Anexo 25 Residuos en la semana 7 de evaluación



Anexo 26 Residuos en la semana 8 de evaluación



Anexo 27 Recolección de muestra



Anexo 28 Envío de muestra al laboratorio



Anexo 29 Peso de 50g de residuos



Anexo 30 Disolución de las muestras con agua destilada



Anexo 31 Toma de datos del pH



Anexo 32 Toma de datos de la conductividad eléctrica

PROCESO DE ANÁLISIS

Método utilizado para la preparación de la muestra:

Conductividad Eléctrica (C.E) y pH: Preparación del Extracto Según Método Volumen 1:1½ (Reglamento de Holanda para Sustratos)

Contenido Total de Nutrientes: Secado de la muestra a ensayar hasta 0 % de humedad - Determinación del % Materia Seca - Trituración de la muestra a ensayar ("40 mesh") - Incineración - Dilución en " Agua Regia".

MÉTODOS DE REFERENCIA UTILIZADOS

PARÁMETROS	MÉTODO
Materia Seca	AOAC 930.04
Humedad	AOAC 930.04
Densidad (materia fresca)	Gravimetrico
Densidad Aparente	Gravimetrico
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	EPA 9081
pH	EPA 9045 D
Conductividad (C.E.)	SM 2510 B
Materia Orgánica (L.O.I., "Loss on Ignition")	AOAC 967.05 / DIN 19684-3
Carbono (C)	AOAC 967.05
Nitrógeno Total Kjeldahl (N-Total)	AOAC 978.04
Nitrato (NO ₃)	DIN 38405-9 / PE10
Fósforo (P)	SM 4500-P C
Potasio (K)	SM 3500-K B / AOAC 975.03
Magnesio (Mg)	AOAC 975.03
Calcio (Ca)	AOAC 975.03
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Hierro (Fe)	AOAC 975.03
Manganeso (Mn)	AOAC 975.03
Cobre (Cu)	AOAC 975.03
Zinc (Zn)	AOAC 975.03
Boro (B)	AOAC 982.01
Silicio (Si)	EPA 7010
Cloruros (Cl ⁻)	SM 4500-Cl G/SM-450-CL-D Método Potenciométrico

Anexo 33 INFORME: ANÁLISIS DE ABONO ORGÁNICO SÓLIDO

Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

EMT-031025

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Abono Orgánico Sólido
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra Abono Orgánico Sólido, Fecha: 02-10-2025

Contenido Total de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg)

Análisis	Unidad	*Valores de Orientación: Niveles Adecuados para un Compost de Buena Calidad	Resultado
Materia Seca	%	50 - 70	12,0
Humedad	%	30 - 50	88,0
Densidad (materia seca, presión 0.1 kg/cm ²)	g/L	-	879
Densidad Aparente (0% Humedad)	g/L	> 200	105
pH (Volumen 1:1 1/2)	-	7,0 - 8,5	7,6
Conductividad - CE (Volumen 1:1 1/2)	mS/cm	> 4	7,18
Materia Orgánica	%	> 65	78,1
Carbono (C)	%	> 38	45,4
Relación Carbono-Nitrogeno (C:N)	%	10:1 hasta 20:1	41 : 1
Nitrogeno Total Kjeldahl (N)	%	> 2,0	1,11
Fósforo (P)	%	> 0,2	0,33
Potasio (K)	%	> 1,5	5,00
Magnesio (Mg)	%	> 0,2	0,27
Calcio (Ca)	%	> 1,5	2,12
Sodio (Na)	%	< 0,2	0,20
Hierro (Fe)	ppm	-	940
Manganeso (Mn)	ppm	-	181
Cobre (Cu)	ppm	-	9,7
Zinc (Zn)	ppm	-	37,6
Boro (B)	ppm	-	41,6

* Fuente: B. Gottschall. Kompostierung ("Composting"). Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, Alemania. 205 pp.

Anexo 34 Resultados del análisis de laboratorio

Anexo 35 Prueba por Shapiro-Wils.

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	2,22	0,22	0,91	0,1482
Semana 2	20	1,96	0,18	0,94	0,4148
Semana 3	20	1,78	0,16	0,98	0,9353
Semana 4	20	1,63	0,16	0,94	0,4194
Semana 5	20	1,34	0,14	0,94	0,5224
Semana 6	20	1,07	0,15	0,95	0,5609
Semana 7	20	0,83	0,12	0,97	0,8355
Semana 8	20	0,63	0,09	0,96	0,7473

Anexo 35. 1 Prueba de normalidad de la variable LH mediante Shapiro-Wils.

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	0,83	0,05	0,88	0,0368
Semana 2	20	0,71	0,04	0,96	0,7072
Semana 3	20	0,62	0,06	0,92	0,2849
Semana 4	20	0,52	0,06	0,97	0,8915
Semana 5	20	0,38	0,06	0,91	0,1918
Semana 6	20	0,25	0,04	0,95	0,5651
Semana 7	20	0,16	0,02	0,93	0,3009
Semana 8	20	0,10	0,03	0,90	0,0973

Anexo 35. 2 Prueba de normalidad de la variable AH mediante Shapiro-Wils.

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	1.85	0,34	0,94	0,4437
Semana 2	20	1.33	0,28	0,93	0,3838
Semana 3	20	1.03	0,20	0,95	0,6257
Semana 4	20	0.83	0,15	0,97	0,9000
Semana 5	20	0.49	0,11	0,93	0,3835
Semana 6	20	0.19	0,07	0,88	0,2121
Semana 7	20	0,12	0,05	0,83	0,0529
Semana 8	20	0,15	0,04	0,85	0,0100

Anexo 35. 3 Prueba de normalidad de la variable PH mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	0.96	0.22	0.85	0.0911
Semana 2	20	0.88	0.12	0.93	0.3568
Semana 3	20	0.78	0.15	0.97	0.8967
Semana 4	20	0.63	0.15	0.87	0.1667
Semana 5	20	0.38	0.19	0.96	0.8058
Semana 6	20	0.12	0.14	0.79	<0.0001

Anexo 35. 4 Prueba de normalidad de la variable LR mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	5.95	0.83	0.84	0.0774
Semana 2	20	4.23	0.67	0.85	0.0100
Semana 3	20	4.82	0.79	0.83	0.0019
Semana 4	20	4.15	0.81	0.80	<0.0001
Semana 5	20	3.65	0.99	0.85	0.0070
Semana 6	20	2.85	0.67	0.77	<0.0001
Semana 7	20	1.95	0.51	0.70	<0.0001
Semana 8	20	1.25	0.44	0.52	<0.0001

Anexo 35. 5 Prueba de normalidad de la variable AR mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	1.44	0.45	0.95	0.6962
Semana 2	20	1.22	0.38	0.94	0.5163
Semana 3	20	1.11	0.39	0.95	0.5581
Semana 4	20	0.95	0.38	0.98	0.9346
Semana 5	20	0.76	0.30	0.94	0.4296
Semana 6	20	0.38	0.22	0.96	0.7787
Semana 7	20	0.17	0.11	0.93	0.3579
Semana 8	20	0.08	0.06	0.89	0.0624

Anexo 35. 6 Prueba de normalidad de la variable PR mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	4.10	0.05	0.94	0.4046
Semana 2	20	2.89	0.07	0.94	0.5429
Semana 3	20	2.71	0.10	0.90	0.0825
Semana 4	20	2.56	0.11	0.95	0.6048
Semana 5	20	1.94	0.35	0.92	0.2659
Semana 6	20	1.50	0.45	0.98	0.9440
Semana 7	20	0.96	0.40	0.97	0.9112
Semana 8	20	0.58	0.38	0.84	0.0632

Anexo 35. 7 Prueba de normalidad de la variable LP mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	17.60	1.73	0.88	0.0519
Semana 2	20	16.23	2.71	0.86	0.1208
Semana 3	20	15.30	1.72	0.93	0.3213
Semana 4	20	15.15	1.69	0.92	0.2112
Semana 5	20	13.35	0.99	0.85	0.0836
Semana 6	20	11.25	1.12	0.81	0.0008
Semana 7	20	9.75	1.25	0.85	0.0969
Semana 8	20	8.00	2.32	0.79	<0.0001

Anexo 35. 8 Prueba de normalidad de la variable AP mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	51.19	11.91	0.92	0.2868
Semana 2	20	45.68	8.62	0.91	0.1383
Semana 3	20	42.96	8.59	0.91	0.1401
Semana 4	20	38.96	7.65	0.93	0.3041
Semana 5	20	33.82	7.24	0.89	0.0564
Semana 6	20	26.48	7.90	0.89	0.0692
Semana 7	20	17.53	6.25	0.92	0.2600
Semana 8	20	12.72	4.90	0.93	0.3991

Anexo 35. 9 Prueba de normalidad de la variable PP mediante Shapiro-Wils

Variable	n	Media	D.E	W*	p(Unilateral D)
Semana 1	20	54.48	11.96	0.93	0.3089
Semana 2	20	48.22	8.75	0.89	0.0782
Semana 3	20	45.11	8.72	0.91	0.1336
Semana 4	20	40.74	7.79	0.93	0.3612
Semana 5	20	35.07	7.32	0.89	0.0651
Semana 6	20	27.06	7.99	0.89	0.0678
Semana 7	20	17.81	6.31	0.92	0.2877
Semana 8	20	12.86	4.93	0.93	0.4074

Anexo 35. 10 Prueba de normalidad de la variable PT mediante Shapiro-Wils.

Anexo 36 Cuadro de ANOVA

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.41	7	0.06	1.52	0.2503
Bloques	0.41	4	0.10	2.64	0.0860
Tratamientos	2.2E-03	3	7.3E-04	0.02	0.9963
Error	0.47	12	0.04		
Total	0.88	19			

Anexo 36. 1 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.22	7	0.03	0.95	0.5038
Bloques	0.15	4	0.04	1.09	0.4040
Tratamientos	0.08	3	0.03	0.77	0.5335
Error	0.40	12	0.03		
Total	0.62	19			

Anexo 36. 2 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.14	7	0.02	0.65	0.7093
Bloques	0.13	4	0.03	1.02	0.04365
Tratamientos	0.01	3	4.9E-03	0.16	0.9226
Error	0.37	12	0.03		
Total	0.51	19			

Anexo 36. 3 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.14	7	0.02	0.72	0.6569
Bloques	0.12	4	0.03	1.09	0.4047
Tratamientos	0.02	3	0.01	0.23	0.8729
Error	0.34	12	0.03		
Total	0.48	19			

Anexo 36. 4 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.12	7	0.02	0.77	0.6249
Bloques	0.09	4	0.02	1.04	0.4259
Tratamientos	0.03	3	0.01	0.40	0.7543
Error	0.26	12	0.02		
Total	0.38	19			

Anexo 36. 5 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.10	7	0.01	0.51	0.8128
Bloques	0.05	4	0.01	0.48	0.7475
Tratamientos	0.04	3	0.01	0.54	0.6656
Error	0.33	12	0.03		
Total	0.42	19			

Anexo 36. 6 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.08	7	0.01	0.76	0.6320
Bloques	0.02	4	0.01	0.37	0.8285
Tratamientos	0.06	3	0.02	1.28	0.3258
Error	0.18	12	0.01		
Total	0.26	19			

Anexo 36. 7 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.06	7	0.01	1.22	0.3627
Bloques	0.02	4	0.01	0.87	0.5080
Tratamientos	0.04	3	0.01	1.68	0.2230
Error	0.08	12	0.01		
Total	0.14	19			

Anexo 36. 8 Cuadro de ANOVA para la variable LH, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.03	7	4.7E-03	5.25	0.0061
Bloques	0.02	4	0.01	5.77	0.0079
Tratamientos	0.01	3	4.1E-03	4.57	0.0234
Error	0.01	12	8.9E-04		
Total	0.04	19			

Anexo 36. 9 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.02	7	2.6E-03	2.29	0.0995
Bloques	0.01	4	3.4E-03	3.06	0.0592
Tratamientos	4.2E-03	3	1.4E-03	1.25	0.3339
Error	0.01	12	1.1E-03		
Total	0.03	19			

Anexo 36. 10 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.03	7	4.9E-03	2.12	0.1202
Bloques	0.03	4	0.01	2.83	0.0728
Tratamientos	0.01	3	2.8E-03	1.19	0.03562
Error	0.03	12	2.3E-03		
Total	0.06	19			

Anexo 36. 11 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.02	7	3.4E-03	1.15	0.3964
Bloques	0.02	4	5.0E-03	1.69	0.2163
Tratamientos	3.8E-03	3	1.3E-03	0.43	0.7372
Error	0.04	12	2.9E-03		
Total	0.06	19			

Anexo 36. 12 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.02	7	3.2E-03	0.96	0.5025
Bloques	0.01	4	3.3E-03	0.99	0.4506
Tratamientos	0.01	3	3.0E-03	0.91	0.4642
Error	0.04	12	3.3E-03		
Total	0.06	19			

Anexo 36. 13 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.01	7	2.1E-03	1.40	0.2890
Bloques	3.2E-03	4	8.1E-04	0.55	0.7009
Tratamientos	0.01	3	3.7E-03	2.54	0.1058
Error	0.02	12	1.5E-03		
Total	0.03	19			

Anexo 36. 14 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	4.2E-03	7	6.0E-04	0.95	0.5045
Bloques	1.7E-03	4	4.3E-04	0.68	0.6196
Tratamientos	2.5E-03	3	8.3E-04	1.32	0.3147
Error	0.01	12	6.3E-04		
Total	0.01	19			

Anexo 36. 15 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.01	7	1.0E-03	1.83	0.1716
Bloques	4.4E-03	4	1.1E-03	1.96	0.1645
Tratamientos	2.8E-03	3	9.3E-04	1.64	0.2318
Error	0.01	12	5.6E-04		
Total	0.01	19			

Anexo 36. 16 Cuadro de ANOVA para la variable AH, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.08	7	0.15	1.72	0.1964
Bloques	1.00	4	0.25	2.78	0.0758
Tratamientos	0.08	3	0.03	0.29	0.8310
Error	1.08	12	0.09		
Total	2.16	19			

Anexo 36. 17 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.50	7	0.07	0.85	0.5680
Bloques	0.25	4	0.06	0.74	0.5806
Tratamientos	0.25	3	0.08	1.00	0.4281
Error	1.01	12	0.08		
Total	1.51	19			

Anexo 36. 18 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.34	7	0.05	1.54	0.2733
Bloques	0.12	4	0.03	0.90	0.4947
Tratamientos	0.22	3	0.07	2.18	0.1433
Error	0.40	12	0.03		
Total	0.73	19			

Anexo 36. 19 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.20	7	0.03	1.61	0.2227
Bloques	0.12	4	0.03	1.63	0.2310
Tratamientos	0.09	3	0.03	1.59	0.2424
Error	0.22	12	0.02		
Total	0.42	19			

Anexo 36. 20 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.09	7	0.01	0.90	0.5390
Bloques	0.02	4	4.9E-03	0.36	0.8320
Tratamientos	0.07	3	0.02	1.61	0.2388
Error	0.16	12	0.01		
Total	0.25	19			

Anexo 36. 21 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.03	7	4.2E-03	0.87	0.5544
Bloques	0.01	4	2.7E-03	0.54	0.7067
Tratamientos	0.02	3	0.01	1.31	0.3166
Error	0.06	12	4.9E-03		
Total	0.09	19			

Anexo 36. 22 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.02	7	2.2E-03	0.96	0.5011
Bloques	1.3E-03	4	3.2E-04	0.14	0.9636
Tratamientos	0.01	3	4.6E-03	2.05	0.1611
Error	0.03	12	2.3E-03		
Total	0.04	19			

Anexo 36. 23 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.01	7	2.0E-03	1.55	0.2417
Bloques	1.3E-03	4	7.2E-04	0.55	0.7017
Tratamientos	0.01	3	3.7E-03	2.87	0.0804
Error	0.03	12	1.3E-03		
Total	0.04	19			

Anexo 36. 24 Cuadro de ANOVA para la variable pH, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.62	7	0.09	3.82	0.0205
Bloques	0.30	4	0.08	3.24	0.0507
Tratamientos	0.32	3	0.11	4.58	0.0232
Error	0.28	12	0.02		
Total	0.90	19			

Anexo 36. 25 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.18	7	0.03	3.25	0.0353
Bloques	0.09	4	0.02	2.94	0.0657
Tratamientos	0.09	3	0.03	3.67	0.0439
Error	0.09	12	0.01		
Total	0.27	19			

Anexo 36. 26 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.29	7	0.04	3.12	0.0403
Bloques	0.17	4	0.04	3.13	0.0559
Tratamientos	0.12	3	0.04	3.11	0.0666
Error	0.16	12	0.01		
Total	0.45	19			

Anexo 36. 27 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.23	7	0.03	1.82	0.1720
Bloques	0.16	4	0.04	2.33	0.1154
Tratamientos	0.06	3	0.02	1.15	0.3684
Error	0.21	12	0.02		
Total	0.44	19			

Anexo 36. 28 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.49	7	0.07	3.67	0.0236
Bloques	0.30	4	0.08	3.91	0.0293
Tratamientos	0.19	3	0.06	3.34	0.0562
Error	0.23	12	0.02		
Total	0.72	19			

Anexo 36. 29 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.11	7	0.02	0.81	0.5971
Bloques	0.06	4	0.02	0.81	0.5443
Tratamientos	0.05	3	0.02	0.81	0.5127
Error	0.24	12	0.02		
Total	0.35	19			

Anexo 36. 30 Cuadro de ANOVA para la variable LR, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	5.45	7	0.78	1.25	0.3518
Bloques	3.70	4	0.93	1.48	0.2689
Tratamientos	1.75	3	0.58	0.93	0.4547
Error	7.50	12	0.63		
Total	12.95	19			

Anexo 36. 31 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	6.28	7	0.90	4.64	0.0100
Bloques	2.58	4	0.65	3.34	0.0469
Tratamientos	3.70	3	1.23	6.37	0.0079
Error	2.32	12	0.19		
Total	8.60	19			

Anexo 36. 32 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	4.86	7	0.69	1.18	0.3818
Bloques	2.19	4	0.55	0.93	0.4778
Tratamientos	7.66	3	0.89	1.51	0.2621
Error	7.06	12	0.59		
Total	11.91	19			

Anexo 36. 33 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	4.85	7	0.69	1.08	0.4320
Bloques	4.30	4	1.08	1.68	0.2199
Tratamientos	0.55	3	0.18	0.29	0.8348
Error	7.70	12	0.64		
Total	12.55	19			

Anexo 36. 34 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	8.25	7	1.18	1.37	0.3001
Bloques	5.30	4	1.33	1.54	0.2517
Tratamientos	2.95	3	0.98	1.15	0.3703
Error	10.30	12	0.86		
Total	18.55	19			

Anexo 36. 35 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	4.15	7	0.59	1.62	0.2216
Bloques	2.80	4	0.70	1.91	0.1736
Tratamientos	1.35	3	0.45	1.23	0.3425
Error	4.40	12	0.37		
Total	8.55	19			

Anexo 36. 36 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	2.25	7	0.32	1.43	0.2800
Bloques	1.70	4	0.43	1.89	0.1772
Tratamientos	0.55	3	0.18	0.81	0.5100
Error	2.70	12	0.23		
Total	4.95	19			

Anexo 36. 37 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.35	7	0.19	0.96	0.4971
Bloques	0.00	4	0.00	0.00	0.9999
Tratamientos	1.35	3	0.45	2.25	0.1349
Error	2.40	12	0.20		
Total	3.75	19			

Anexo 36. 38 Cuadro de ANOVA para la variable AR, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	2.77	7	0.40	4.14	0.0153
Bloques	1.41	4	0.35	3.68	0.0353
Tratamientos	1.36	3	0.45	4.76	0.0207
Error	1.15	12	0.10		
Total	3.92	19			

Anexo 36. 39 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.84	7	0.26	3.74	0.0221
Bloques	1.08	4	0.27	3.82	0.0315
Tratamientos	0.77	3	0.26	3.63	0.0452
Error	0.84	12	0.07		
Total	2.68	19			

Anexo 36. 40 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.97	7	0.28	3.97	0.0179
Bloques	1.06	4	0.26	3.73	0.0339
Tratamientos	0.91	3	0.30	4.28	0.0285
Error	0.85	12	0.07		
Total	2.82	19			

Anexo 36. 41 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.90	7	0.27	4.15	0.0151
Bloques	1.26	4	0.32	4.18	0.0150
Tratamientos	0.64	3	0.21	3.27	0.0590
Error	0.79	12	0.07		
Total	2.69	19			

Anexo 36. 42 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.12	7	0.16	3.09	0.0418
Bloques	0.86	4	0.22	4.18	0.0240
Tratamientos	0.25	3	0.08	1.63	0.2339
Error	0.62	12	0.05		
Total	1.74	19			

Anexo 36. 43 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.61	7	0.09	3.53	0.0269
Bloques	0.35	4	0.09	3.62	0.0372
Tratamientos	0.25	3	0.08	3.42	0.0528
Error	0.29	12	0.02		
Total	0.90	19			

Anexo 36. 44 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.18	7	0.03	4.58	0.0105
Bloques	0.11	4	0.03	4.94	0.0138
Tratamientos	0.07	3	0.02	4.10	0.0322
Error	0.07	12	0.01		
Total	0.25	19			

Anexo 36. 45 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.04	7	0.01	2.36	0.0916
Bloques	0.03	4	0.01	2.86	0.0710
Tratamientos	0.01	3	3.9E-03	1.70	0.2204
Error	0.03	12	2.3E-03		
Total	0.07	19			

Anexo 36. 46 Cuadro de ANOVA para la variable PR, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.03	7	3.9E-03	2.29	0.0995
Bloques	0.03	4	0.01	3.85	0.0309
Tratamientos	1.0E-03	3	3.5E-04	0.20	0.8920
Error	0.02	12	1.7E-03		
Total	0.05	19			

Anexo 36. 47 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.03	7	4.6E-03	0.87	0.5570
Bloques	3.7E-04	4	9.2E-05	0.02	0.9993
Tratamientos	0.03	3	0.01	2.00	0.1675
Error	0.06	12	0.01		
Total	0.10	19			

Anexo 36. 48 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.06	7	0.01	0.86	0.5636
Bloques	0.01	4	2.4E-03	0.23	0.9139
Tratamientos	0.05	3	0.02	1.69	0.2219
Error	0.12	12	0.01		
Total	0.19	19			

Anexo 36. 49 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	0.07	7	0.01	0.69	0.6797
Bloques	0.04	4	0.01	0.68	0.6185
Tratamientos	0.03	3	0.01	0.70	0.5683
Error	0.17	12	0.01		
Total	0.24	19			

Anexo 36. 50 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.26	7	0.18	1.91	0.1548
Bloques	0.78	4	0.20	2.08	0.1473
Tratamientos	0.48	3	0.16	1.69	0.2215
Error	1.13	12	0.09		
Total	2.39	19			

Anexo 36. 51 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	2.18	7	0.31	2.18	0.1121
Bloques	1.16	4	0.29	2.03	0.1536
Tratamientos	1.02	3	0.34	2.39	0.1202
Error	1.71	12	0.14		
Total	3.89	19			

Anexo 36. 52 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.45	7	0.21	1.57	0.2347
Bloques	1.01	4	0.25	1.92	0.1715
Tratamientos	0.44	3	0.15	1.10	0.3858
Error	1.58	12	0.13		
Total	0.03	19			

Anexo 36. 53 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1.00	7	0.14	1.01	0.4681
Bloques	0.80	4	0.20	1.42	0.2854
Tratamientos	0.20	3	0.07	0.47	0.7093
Error	1.69	12	0.14		
Total	2.69	19			

Anexo 36. 54 Cuadro de ANOVA para la variable LP, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	31.00	7	4.43	2.06	0.1297
Bloques	25.80	4	6.45	3.00	0.0625
Tratamientos	5.20	3	1.73	0.81	0.5143
Error	25.80	12	2.15		
Total	56.80	19			

Anexo 36. 55 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	21.74	7	3.11	0.32	0.9320
Bloques	9.30	4	2.33	0.24	0.9118
Tratamientos	12.44	3	4.15	0.42	0.7397
Error	117.50	12	9.79		
Total	139.24	19			

Anexo 36. 56 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	22.90	7	3.27	1.18	0.3823
Bloques	18.70	4	4.68	1.68	0.2178
Tratamientos	4.20	3	1.40	1.50	0.6864
Error	33.30	12	2.78		
Total	56.20	19			

Anexo 36. 57 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	25.35	7	3.62	1.49	0.2600
Bloques	20.80	4	5.20	2.14	0.1387
Tratamientos	4.55	3	1.52	0.62	0.6134
Error	29.20	12	2.43		
Total	54.55	19			

Anexo 36. 58 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	7.45	7	1.06	1.15	0.3959
Bloques	1.30	4	0.33	0.35	0.8382
Tratamientos	6.15	3	2.05	2.22	0.1889
Error	11.10	12	0.93		
Total	18.55	19			

Anexo 36. 59 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	15.05	7	2.15	2.97	0.0473
Bloques	8.50	4	2.13	2.93	0.0664
Tratamientos	6.55	3	2.18	3.01	0.0721
Error	8.70	12	0.73		
Total	23.75	19			

Anexo 36. 60 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	10.95	7	1.56	1.00	0.4770
Bloques	8.00	4	2.00	1.28	0.3326
Tratamientos	2.95	3	0.98	0.63	0.6109
Error	18.80	12	1.57		
Total	29.75	19			

Anexo 36. 61 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	32.70	7	4.67	0.81	0.5964
Bloques	31.50	4	7.88	1.36	0.3036
Tratamientos	1.20	3	0.40	0.07	0.9752
Error	69.30	12	5.78		
Total	102.00	19			

Anexo 36. 62 Cuadro de ANOVA para la variable AP, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	402.19	7	57.46	0.30	0.9403
Bloques	252.61	4	63.15	0.33	0.8523
Tratamientos	149.58	3	49.86	0.26	0.8522
Error	2293.54	12	191.13		
Total	2695.73	19			

Anexo 36. 63 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	182.87	7	26.12	0.26	0.9604
Bloques	167.53	4	41.88	0.41	0.7988
Tratamientos	15.34	3	5.11	0.05	0.9845
Error	1228.66	12	102.39		
Total	1411.53	19			

Anexo 36. 64 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	204.88	7	29.27	0.29	0.9439
Bloques	183.67	4	45.92	0.46	0.7639
Tratamientos	21.21	3	7.07	0.07	0.9745
Error	1198.34	12	99.86		
Total	1403.22	19			

Anexo 36. 65 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	136.82	7	19.55	0.24	0.9661
Bloques	133.95	4	33.49	0.41	0.7970
Tratamientos	2.87	3	0.96	0.01	0.9982
Error	975.97	12	81.33		
Total	112.79	19			

Anexo 36. 66 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	188.79	7	26.97	0.40	0.8836
Bloques	141.44	4	35.36	0.53	0.7186
Tratamientos	47.35	3	15.78	0.23	0.8703
Error	806.00	12	67.17		
Total	994.79	19			

Anexo 36. 67 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	157.56	7	22.51	0.26	0.9574
Bloques	108.57	4	27.14	0.32	0.8614
Tratamientos	49.00	3	16.33	0.19	0.9008
Error	1028.36	12	85.70		
Total	1185.92	19			

Anexo 36. 68 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	169.10	7	24.16	0.51	0.8140
Bloques	63.80	4	15.95	0.33	0.8502
Tratamientos	105.30	3	35.10	0.73	0.5516
Error	573.97	12	47.83		
Total	743.07	19			

Anexo 36. 69 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	142.13	7	20.30	0.78	0.6178
Bloques	62.80	4	15.70	0.60	0.6690
Tratamientos	79.33	3	26.44	1.01	0.4210
Error	313.33	12	26.11		
Total	455.46	19			

Anexo 36. 70 Cuadro de ANOVA para la variable PP, semana 8

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	430.69	7	61.53	0.23	0.9290
Bloques	253.84	4	63.46	0.33	0.8504
Tratamientos	176.85	3	58.95	0.31	0.8182
Error	2285.67	12	190.47		
Total	2716.36	19			

Anexo 36. 71 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 1

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	199.45	7	28.49	0.27	0.9531
Bloques	179.72	4	44.93	0.43	0.7844
Tratamientos	19.73	3	6.58	0.06	0.9784
Error	1253.65	12	104.47		
Total	1453.10	19			

Anexo 36. 72 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 2

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	221.50	7	31.64	0.31	0.9353
Bloques	193.87	4	48.47	0.48	0.7528
Tratamientos	27.63	3	9.21	0.09	0.9639
Error	1221.63	12	101.80		
Total	1443.13	19			

Anexo 36. 73 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 3

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	160.52	7	22.93	0.28	0.9509
Bloques	154.20	4	38.55	0.47	0.7591
Tratamientos	6.32	3	2.11	0.03	0.9942
Error	991.02	12	82.59		
Total	1151.55	19			

Anexo 36. 74 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 4

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	207.64	7	29.66	0.44	0.8596
Bloques	153.44	4	38.36	0.57	0.6913
Tratamientos	54.20	3	18.07	0.27	0.8478
Error	811.42	12	67.62		
Total	1019.06	19			

Anexo 36. 75 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 5

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	166.41	7	23.77	0.27	0.9532
Bloques	111.54	4	27.88	0.32	0.8594
Tratamientos	54.88	3	18.29	0.21	0.8877
Error	1046.78	12	87.23		
Total	1213.19	19			

Anexo 36. 76 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 6

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	175.05	7	25.01	0.52	0.8065
Bloques	62.73	4	15.68	0.32	0.8569
Tratamientos	112.31	3	37.44	0.77	0.5316
Error	581.94	12	48.50		
Total	756.99	19			

Anexo 36. 77 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 7

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	145.04	7	20.72	0.79	0.6114
Bloques	62.06	4	15.51	0.59	0.6768
Tratamientos	82.98	3	27.66	1.05	0.4059
Error	315.94	12	26.33		
Total	460.98	19			

Anexo 36. 78 Cuadro de ANOVA para la variable PT, semana 8