

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024

Tesis

**Para obtener título de
INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por
ALBINO AQUINO RETIS**

Tingo María - Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 038-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 12 de marzo 2025, a horas 11: 00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DE LA ASOCIACIÓN MICROBIANA Y RESIDUOS AGRICOLAS DE *Musa paradisiaca* (plátano) EN LA CALIDAD DEL BIOFERMENTO EN EL CASERÍO VILLA RICA – HUÁNUCO, 2024”

Presentado por el Bachiller: **AQUINO RETIS, ALBINO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de abril de 2025

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO

Blgo. MSc. CESAR AUGUSTO GOZME SULCA
MIEMBRO



Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 106 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
Efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de Musa paradisiaca (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024	ALBINO AQUINO RETIS	14 % Catorce

Tingo María, 11 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024

Autor	: AQUINO RETIS, Albino
Asesor	: Dr. ORE CIERTO, Luis Eduardo
Programa de investigación	: Ciencia y tecnología ambiental
Línea(s) de investigación	: Bioproducción; aditivos, combustible, fertilizantes y otros
Eje temático de investigación	: Producción de biol
Lugar de ejecución	: Caserío Villa Rica
Duración	: 06 meses
Financiamiento	: S/. 9,066.22
FEDU	S/. 00.00
Propio	S/. 9,066.22
Otros	S/ 00.00

Tingo María – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Recursos Naturales Renovables
Escuela Profesional	: Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Título de Tesis	: Efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024.
Objetivo General	: Evaluar el efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024.
Autor de la Tesis	: AQUINO RETIS, Albino
DNI	: 74361879
Correo Electrónico	: albino.aquino@unas.edu.pe
Asesores de Tesis	: Dr. ORE CIERTO, Luis Eduardo
Área de Investigación	: Ciencia y Tecnología Ambiental – PIBIOT
Grupo de Investigación	: Ciencia y tecnología ambiental
Línea de Investigación	: Bioproducción; aditivos, combustible, fertilizantes y otros
Lugar de Ejecución	: Caserío Villa Rica
Fecha de inicio	: 05/01/2024
Fecha de termino	: 05/07 /2024
Presupuesto	: S/. 9,066.22
Financiamiento	: Propio (X) FEDU () Externo ()

Albino Aquino Retis

Tesista

Luis Eduardo Oré Cierzo
Asesor



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 038-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 12 de marzo 2025, a horas 11: 00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DE LA ASOCIACIÓN MICROBIANA Y RESIDUOS AGRICOLAS DE *Musa paradisiaca* (plátano) EN LA CALIDAD DEL BIOFERMENTO EN EL CASERÍO VILLA RICA – HUÁNUCO, 2024”

Presentado por el Bachiller: **AQUINO RETIS, ALBINO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de abril de 2025

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO

Blgo. MSc. CESAR AUGUSTO GOZME SULCA
MIEMBRO



Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su infinita misericordia, sabiduría y amor me han permitido superar los desafíos y continuar con fe y esperanza. A Él le agradezco por brindarme la oportunidad y la fuerza necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, quienes siempre han sido mi pilar y fuente inagotable de inspiración. Su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y su apoyo constante han sido fundamentales en mi vida. Este logro es tan suyo como mío, pues sin su dedicación y confianza, este sueño no habría sido posible.

A mis hermanos, por su compañía incondicional y por estar siempre a mi lado. Su apoyo, sus palabras de aliento y su presencia han sido una motivación invaluable en este proceso. Este logro también les pertenece, pues forman parte esencial de mi vida y de este triunfo que hoy celebro con el corazón lleno de gratitud.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación. Este proyecto ha sido un viaje lleno de aprendizaje y descubrimientos, y no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de diversas personas.

Agradezco profundamente a la institución educativa que me brindó una formación académica de calidad, la cual ha sido fundamental para mi desarrollo profesional. Esta institución ha sido el pilar de mi crecimiento y aprendizaje, proporcionándome las herramientas necesarias para enfrentar los retos que se presentaron durante esta investigación.

A mi asesor, le agradezco por su apoyo incondicional, su guía experta y por siempre estar dispuesto a compartir su conocimiento. Su dedicación y compromiso han sido esenciales para el desarrollo de este trabajo, y su orientación me ha permitido alcanzar este logro.

A mis amigos, les agradezco enormemente por su colaboración en la ejecución y redacción de este proyecto. Su ayuda fue crucial para llevar a cabo esta investigación de manera exitosa, y su amistad ha sido un apoyo constante en todo momento.

A mis jurados, agradezco por su tiempo, esfuerzo y valiosas observaciones durante el proceso de evaluación. Sus comentarios y sugerencias han enriquecido este trabajo, permitiéndome mejorar y alcanzar los estándares que se esperaban.

Muchas gracias y que Dios les bendiga.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. Residuos solidos	9
2.2.2. Clasificación de los residuos solidos	9
2.2.3. Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú	10
2.2.4. Biofertilizante líquido.....	11
2.2.5. Biol acelerado	13
2.2.6. Microorganismos eficientes.....	14
2.2.7. Grupo microbiano que componen los ME.....	15
2.2.8. Melaza	17
2.2.9. Levaduras.....	17
2.3. Marco conceptual.....	18
2.3.1. Residuos orgánicos agrícolas.....	18
2.3.2. Biodigestor	19
2.3.3. pH	19
2.3.4. Biol	20
2.3.5. Biosol.....	20
2.3.6. Descomposición de Materia Orgánica.....	20
2.3.7. Fosforo Total	21

2.3.8.	Nitrógeno Total	21
2.3.9.	Potasio Total.....	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1.	Lugar de ejecución.....	23
3.1.1.	Ubicación política de la zona de estudio	23
3.1.2.	Ubicación geográfica de la zona de estudio	23
3.1.3.	Características generales de la zona	24
3.2.	Materiales y equipos	25
3.2.1.	Materiales	25
3.2.2.	Equipos	25
3.2.3.	Insumos.....	25
3.3.	Criterios de investigación	26
3.3.1.	Nivel de investigación	26
3.3.2.	Tipo de investigación	26
3.3.3.	Variables de investigación.....	27
3.3.4.	Operacionalización de variables.....	27
3.3.5.	Diseños de investigación	28
3.3.6.	Población y muestra	29
3.3.7.	Técnicas e instrumentos de investigación	29
3.3.8.	Análisis de datos.....	30
3.4.	Metodología.....	30
3.4.1.	Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumos.	30
3.4.2.	Selección y acondicionamiento del área de trabajo.....	30
3.4.3.	Preparación del biofermento.....	30
3.4.4.	Análisis de la calidad del biofermento	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34

4.1. Evaluación de las propiedades físicas del biofermento a partir de residuos agrícolas de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano).....	34
4.2. Evaluación de las propiedades químicas del biofermento a partir de residuos agrícolas de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano).....	43
V. CONCLUSIONES	63
VI. PROPUESTA A FUTURO	64
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	65
VIII. ANEXO	72
Anexo A. Análisis de las muestras.	73
Anexo B. Análisis estadístico.	74
Anexo B, panel fotográfico.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición química de diferentes tipos de bioles.	12
2. Composición química de los bioles acelerados.	14
3. Operacionalización de las variables de investigación.	27
4. Diseño de la investigación.	28
5. Análisis de la varianza (ANOVA) para cada parámetro.	57
6. Análisis de la estadística descriptiva para cada parámetro.	74
7. Prueba de homogeneidad de varianzas.	80
8. Pruebas Post hoc de comparaciones múltiples.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación política de la zona en estudio.	23
2. Biofermentador.....	32
3. Densidad (g/mL) para cada uno de los tratamientos del biol.	34
4. T(°C) para cada tratamiento del biol.	35
5. Conductividad eléctrica(dS/m) para cada tratamiento del biol.	36
6. Humedad Hd (%) para cada tratamiento del biol.	37
7. Materia seca (%) para cada tratamiento del biol.	38
8. Materia orgánica (%) para cada tratamiento del biol (En base húmeda).....	39
9. Cenizas (%) para cada tratamiento del biol (En base húmeda).	40
10. Materia orgánica (%) para cada tratamiento del biol (En base seca).	41
11. Cenizas (%) para cada tratamiento del biol (En base seca).	42
12. Nitrógeno N (mg/L) para cada tratamiento del biol.	43
13. Ph para cada tratamiento del biol.	44
14. P2O5 (mg/L) para cada tratamiento del biol.	45
15. Magnesio (mg/L) para cada tratamiento del biol.....	46
16. Calcio Ca (mg/L) para cada tratamiento del biol.	47
17. Potasio K(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	48
18. Zinc Zn(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	50
19. Hierro Fe(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	51
20. Cobre Cu(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	52
21. Manganeso Mn(mg/L) para cada tratamiento del biol.	53
22. Cadmio Cd(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	55
23. Plomo Pb(mg/L) para cada tratamiento del biol.....	56
24. Resultados del análisis de los parámetros de las muestras del biol en el Laboratorio de Análisis de suelo, Agua y ecotoxicología.	73

25. Preparado del biol.....	98
26. Etiquetado de los tratamientos.....	99
27. Mezcla de los insumos.....	99
28. Tapado y condicionamiento de los tratamientos.	100
29. Después de un mes de fermentación anaeróbica.	100
30. Insumos para la mineralización.	101
31. Tapado y sellado por 45 días.	101

Efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del biol producido a partir de residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024. Se utilizaron los lechos de plátano de las variedades Seda, Moquicho e Inguiri mediante un proceso de fermentación anaeróbica. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas del biol obtenido, comparando los resultados entre tratamientos y con antecedentes. Los resultados mostraron que el biol producido con la variedad Inguiri presentó los mejores valores en términos de materia seca (4.52 %), nitrógeno (263.63 mg/L) y potasio (2604.05 mg/L), además de una reducción del 36.6 % en la concentración de plomo. En cuanto al pH, se observó un rango de 4.727 a 4.817, destacando la variedad Moquicho por su mayor acidez. Estos hallazgos indican que los residuos de plátano pueden ser una alternativa viable para la producción de biol, optimizando su calidad según la variedad utilizada. Se concluye que el uso de la variedad Inguiri es la opción más eficiente para mejorar la composición del biol, lo que sugiere su potencial aplicación en la fertilización agrícola sostenible.

Palabras clave: biol, fertilizante orgánico, biofermento, residuos agrícolas.

The Effect of the Microbial Association and Agricultural Waste from *Musa paradisiaca* (Plantain) on the Quality of the Bioferment on the Villa Rica Homestead in Huánuco During 2024

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the quality of the biol produced from agricultural waste from *Musa paradisiaca* (plantain) on the Villa Rica homestead in Huánuco, [Peru,] during 2024. The beds with the seda, moquicho and inguiri varieties of plantains were used for an anaerobic fermentation process. The physical and chemical properties of the biol that was obtained were evaluated, comparing the results between the treatments and with the history. The results revealed that the biol produced with the inguiri variety presented the best values in terms of dry matter (4.52 %), nitrogen (263.63 mg/L) and potassium (2604.05 mg/L); as well as a 36.6 % reduction in the lead concentration. With respect to the pH, a range of 4.727 to 4.817 was observed, [where the] moquicho variety stood out due to its higher acidity. These findings indicated that the waste from the plantains could be a viable alternative for the production of biol; optimizing the quality according to the variety that is used. It was concluded that the use of the inguiri variety is the most efficient option for improving the composition of the biol, which suggests its potential application in sustainable agricultural fertilization.

Keywords: biol, organic fertilizer, bioferment, agricultural waste.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población ha intensificado la generación de residuos orgánicos, especialmente los derivados de actividades domésticas e industriales, como restos de frutas y verduras. Según Yang, Li, Qian, Li y Lou (2019), este incremento conlleva un aumento proporcional en la cantidad de desechos generados. La eliminación inadecuada de estos residuos ya sea mediante incineración o vertederos, puede ocasionar serios problemas ambientales, tales como la contaminación por lixiviados o la emisión de gases nocivos (Zhou et al., 2020). En la actualidad, la disposición en vertederos abiertos sigue siendo una de las soluciones más utilizadas debido a su bajo costo, aunque sus efectos negativos en el medioambiente son evidentes (Ghosh et al. 2015).

Como alternativa a estos métodos tradicionales, la biodigestión anaeróbica se ha consolidado como un proceso efectivo para la descomposición de residuos orgánicos, convirtiéndolos en biogás y productos agrícolas de gran valor. Este proceso consta de cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, donde la presencia de agua facilita la proliferación microbiana y optimiza la conversión de materia orgánica en compuestos beneficiosos (Kothari et al. 2014). Dependiendo del porcentaje de sólidos presentes, la biodigestión puede clasificarse en seca, con un contenido de sólidos entre 20 y 40%, o húmeda, con valores entre 10 y 15% (Mery et al. 2018).

Una estrategia innovadora en este campo es la aplicación de consorcios microbianos como las bacterias ácido lácticas (B-LAC), que mediante fermentación anaeróbica transforman los residuos en biofertilizantes altamente enriquecidos. Investigaciones previas han demostrado que estos microorganismos mejoran la germinación, la floración y el desarrollo de frutos, además de incrementar la biomasa y la fertilidad del suelo, reduciendo la incidencia de agentes patógenos (Pozo, Elozegi, Ramón y Molinero, 2009; Morocho y Mora, 2019). Asimismo, favorecen la actividad fotosintética y aceleran la maduración de abonos orgánicos, lo que los convierte en una alternativa viable para el manejo sustentable de residuos.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la asociación microbiana y los residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, durante el año 2024. La pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cuál es la calidad del biofermento

elaborado por lechos de residuos de plátano en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024? Como hipótesis, se plantea que los residuos de plátano influyen significativamente en la calidad del biofermento, proporcionando una alternativa sostenible para la producción de biofertilizantes en la región.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar el efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en la calidad del biofermento en el caserío Villa Rica – Huánuco, 2024.

1.1.2. Específicos

- Obtener el biofermento a partir de los residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) utilizando asociaciones microbianas.
- Evaluar el efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en los parámetros físicos del biofermento.
- Evaluar el efecto de la asociación microbiana y residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano) en los parámetros químicos del biofermento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes

Fernández et al. (2022) llevaron a cabo un estudio para evaluar la viabilidad tanto económica como ambiental de una planta industrial diseñada para procesar 300 kg/h de residuos orgánicos con el objetivo de producir fertilizantes líquidos. En la investigación, se compararon dos métodos de extracción (convencional y mediante microondas) junto con el uso de dos tipos de disolventes (agua y una solución alcalina) con el fin de identificar la opción más eficiente y sostenible para su implementación a gran escala. El análisis económico reveló que la inversión inicial requerida para la tecnología basada en microondas supera los 3,5 millones de euros, lo que equivale a tres veces el costo de la tecnología de extracción convencional, cuyo monto es inferior a 1,5 millones de euros. Esta diferencia de costos se debe, principalmente, a la mayor complejidad del equipo utilizado en el proceso con microondas. Por otro lado, los fertilizantes obtenidos mediante la extracción convencional con solvente alcalino presentan un precio de venta más competitivo, cercano a 1 euro por litro. Con base en los resultados de la evaluación económica y ambiental, se determinó que la alternativa más adecuada para la ampliación de la producción de fertilizantes líquidos a partir de residuos orgánicos es la extracción convencional en condiciones alcalinas.

Ahmad et al. (2019) establecieron una relación entre los nutrientes presentes en fertilizantes líquidos, como el lixiviado de compost y el té de compost, en comparación con los nutrientes encontrados en el compost sólido derivado de diversas fuentes de biorresiduos. A través de un análisis de sus características físicas y nutricionales, se identificó que el fertilizante líquido contiene elementos clave para el desarrollo vegetal, tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). No obstante, debido a su elevado contenido de compuestos orgánicos, que varía entre 1152 mg/L y 105 300 mg/L, se sugiere su dilución o pretratamiento para evitar impactos negativos en el suelo y las plantas. La cantidad y el tipo de nutrientes en cada fertilizante dependen de la fuente de los residuos biológicos. En este sentido, el compost derivado de desechos animales presentó las concentraciones más altas de N y P, alcanzando hasta 25 g/kg de N y 6,4 g/kg de P, mientras que el compost de desechos vegetales registró el mayor contenido de K, con un valor máximo de 19 g/kg. El análisis de la correlación de nutrientes reveló que la composición nutricional del compost está directamente relacionada con el lixiviado de compost (CL) y el té de compost (CT). Además, los valores de N, P y K en el fertilizante

líquido en forma de lixiviado fueron significativamente superiores, siendo 124 veces, 90 veces y 23 veces mayores, respectivamente, en comparación con el té de compost.

Azeem (2015) realizó una investigación sobre la transformación de los residuos de alimentos generados en restaurantes, hoteles y salones de eventos en un fertilizante líquido orgánico mediante un proceso de digestión anaeróbica. Este estudio, llevado a cabo en el Área Industrial de Cherlapally, tuvo como propósito mejorar los estándares de gestión de residuos y los niveles de servicio establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques. El método empleado consistió en el procesamiento de los desechos alimentarios en un contenedor herméticamente cerrado, donde se añadió melaza para favorecer la descomposición en ausencia de oxígeno. Tras un período de 72 horas, los residuos comenzaron a descomponerse, generando un fertilizante líquido orgánico junto con un subproducto en forma de pulpa. Para evaluar la calidad del fertilizante obtenido, se analizaron sus niveles de macronutrientes esenciales. Los resultados indicaron que el fertilizante líquido contenía 1,15 % de nitrógeno (N), 0,308 % de fósforo (P) y 0,7 % de potasio (K), mientras que la pulpa contenía 0,39 % de N, 0,159 % de P y 0,51 % de K. El estudio destacó diversas ventajas del fertilizante líquido, como su producción eficiente, bajo costo y la ausencia de efectos adversos para el suelo y las plantas. Además, su aplicación en la agricultura puede mejorar la fertilidad del suelo, mantener el equilibrio de nutrientes esenciales y reducir la dependencia de fertilizantes químicos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. Asimismo, este método de valorización de residuos alimentarios representa una alternativa viable para reducir la acumulación de desechos orgánicos y fomentar su reutilización en sistemas agrícolas.

Román (2012) llevó a cabo un estudio en el que explicó el proceso de producción de biofertilizantes acelerados a través de la fermentación láctica de materia orgánica. Para que este proceso sea eficiente, es fundamental la incorporación del consorcio microbiano Biolac, el cual está compuesto por cepas de *Lactobacillus*. Estas bacterias desempeñan un papel clave en la síntesis de ácido láctico y en la producción de sustancias con propiedades antimicrobianas. El resultado de este proceso es un biofermento que, tras su filtrado, se divide en dos productos: un efluente líquido, utilizado como fertilizante, y un residuo sólido denominado biosol. A diferencia de los bioles convencionales, cuyo proceso de fermentación puede extenderse hasta tres meses (Restrepo, 2007b), los biofertilizantes acelerados se obtienen en un período significativamente más corto, de aproximadamente cinco días. Una de las principales características de estos

biofertilizantes es su elevada acidez, lo que los distingue de otros productos similares en términos de composición y efectividad.

Amrullah, Amin y Ali (2021) realizaron un estudio enfocado en la producción de fertilizante orgánico líquido a partir de orina de vaca, utilizando un consorcio probiótico compuesto por diversas bacterias beneficiosas, entre ellas *Lactobacillus sp.*, *Rhodopseudomonas sp.*, *Actinomycetes sp.* y *Streptomyces sp.*. La investigación evaluó el efecto de diferentes cantidades de microorganismos y tiempos de fermentación en la calidad del fertilizante líquido, analizando parámetros clave como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), la relación carbono/nitrógeno (C/N) y el pH. Los resultados indicaron que la concentración de nitrógeno aumentó de 1,0 % a 2,3 % entre el día 1 y el día 12, manteniéndose estable posteriormente. El fósforo incrementó de 0,6 % a 2,2 % desde el día 0 hasta el día 15, sin variaciones significativas hasta el día 21. En cuanto al potasio, su concentración se elevó de 1,0 % a 3,2 % entre el día 0 y el día 12, estabilizándose después. Por otro lado, el contenido de carbono disminuyó progresivamente de 5,6 % a 0,1 % durante el período de fermentación de 21 días, al igual que la relación C/N, que pasó de 5,62 a 0,03 en el mismo intervalo. Asimismo, se observó un incremento en el pH, que varió de 7,1 a 8,6 entre el día 0 y el día 21. Además, el análisis del efecto del aumento en la cantidad de microorganismos mostró que el contenido de nitrógeno se elevó de 1 % a 2,54 % cuando la cantidad de probióticos incrementó de 5 mL a 30 mL. De manera similar, el fósforo aumentó de 1,2 % a 2,2 % con una adición de 5 mL a 25 mL, manteniéndose estable hasta los 30 mL. La concentración de potasio ascendió de 1,5 % a 3,3 % con el incremento de microorganismos de 5 mL a 30 mL. En contraste, el carbono disminuyó de 0,3 % a 0,1 % en este mismo rango, y la relación C/N se redujo de 0,3 a 0,04. Por último, el pH osciló entre 8,3 y 8,5. Estos hallazgos sugieren que el uso de consorcios probióticos en la fermentación de orina de vaca puede mejorar significativamente la calidad del fertilizante orgánico líquido, optimizando su contenido nutricional y estabilidad química.

Florez, Roldán y Juscamaita (2022) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de desarrollar y caracterizar un fertilizante líquido a partir de subproductos de trucha (FLVT), además de evaluar su posible efecto fitotóxico. El análisis químico determinó que el fertilizante contenía 3,2 g de aminoácidos y 6,2 g de proteínas por cada 100 g de muestra. En cuanto a los macronutrientes esenciales, la concentración de nitrógeno alcanzó los 12 040 mg/L, la de fósforo fue de 1 189 mg/L y la de potasio de 5 540 mg/L.

Asimismo, los resultados microbiológicos confirmaron la ausencia de patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, lo que indica que el fertilizante es seguro para su uso agrícola. Además, las concentraciones de metales pesados como plomo, cadmio y cromo se encontraron por debajo de los límites máximos establecidos en la normativa vigente para fertilizantes líquidos. Para evaluar su impacto en la germinación de plantas, se realizó una prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*). Se observó que las concentraciones del fertilizante líquido entre 0,1 % y 0,001 % no contenían sustancias perjudiciales para la germinación y presentaban un índice de germinación (IG) superior al 80 %, lo que sugiere su viabilidad para la aplicación en cultivos sin efectos adversos en el desarrollo de las semillas.

Peralta, Juscamaita y Meza (2016) realizaron un estudio con el propósito de diseñar un sistema biológico acelerado que permitiera la producción de abonos orgánicos en un período de cinco días. Para ello, se sometieron a pretratamiento excretas frescas de ganado vacuno y se aplicaron 25 tratamientos distintos, utilizando como insumos excretos tratadas (ET) en proporciones de hasta el 100 %, melaza de caña de azúcar y un consorcio microbiano de ácido láctico (B-lac) en concentraciones del 0,5 %, 10 %, 15 % y 20 % en volumen/peso. El experimento se llevó a cabo bajo un Diseño Completo al Azar (DCA) con un esquema factorial de 5x5, y los tratamientos fueron monitoreados durante 21 días. Los resultados obtenidos identificaron al tratamiento T20, compuesto por un 20 % de melaza, 15 % de B-lac y 65 % de ET, como el más eficiente. Este tratamiento presentó el pH más bajo (4,02) y la mayor acidez en el menor tiempo registrado (2,06 % de ácido láctico). Además, T20 estuvo libre de patógenos y mostró propiedades agronómicas favorables, con concentraciones de nitrógeno de 4 200 mg/L, fósforo de 744 mg/L y potasio de 17 200 mg/L. Asimismo, se determinó que contenía 181 g/L de materia orgánica y un nivel elevado de micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal.

Buchelli (2014a) llevó a cabo un estudio sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las industrias cervecera, ganadera y láctea, específicamente el bagazo de cebada, las excretas de ganado vacuno y el suero de quesería, con el fin de producir biofertilizante a través de un proceso de fermentación homoláctica. En la fase experimental, se establecieron 16 tratamientos con distintas concentraciones de un consorcio microbiano denominado B-lac, melaza y la mezcla de los residuos mencionados. Se evaluaron diversos parámetros como pH, porcentaje de ácido láctico, ausencia de hongos, olor y costos, con el propósito de seleccionar la opción más eficiente

y viable económicamente. El estudio concluyó que la producción de biofertilizante a partir del bagazo de cebada, las excretas de vacuno y el suero de quesería es una alternativa rentable, generando una ganancia neta mínima de 875 nuevos soles con una producción de 806 litros de biofertilizante, lo que representa una rentabilidad del 76,6 %.

Pacheco y Malca (2016) desarrollaron un fertilizante orgánico líquido tipo biol a partir de desechos orgánicos, utilizando un biorreactor simple y un proceso anaeróbico. Los residuos empleados incluían estiércol de ganado, follaje de leguminosas, pseudotallos de plátano, así como cabezas y vísceras de pescado, todos ellos materiales de bajo costo y fácil acceso, ya que provienen de actividades agrícolas y ganaderas. El biorreactor empleado consistía en un tanque de plástico sellado herméticamente, el cual servía como medio para la realización de las reacciones químicas y biológicas necesarias para la generación del biol. El proceso anaeróbico se llevó a cabo en tres fases principales: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. Una vez finalizado, se obtuvo un producto con dos componentes diferenciados: un componente sólido denominado lodo o biosol y un componente líquido conocido como biol. Este último se destacó como un fertilizante ecológico y económicamente viable, con beneficios ambientales al no contaminar aguas subterráneas ni afectar la capa vegetal utilizada en cultivos tradicionales. En términos de composición, el biol obtenido presentó una concentración de fósforo de 7,6 g/kg y de hierro de 63,3 mg/kg, evidenciando mejoras significativas en estos nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos.

Lastra (2019) llevó a cabo un estudio con el objetivo de desarrollar un fertilizante líquido en un período de 30 días, empleando 12 biofermentos obtenidos a partir de la mezcla de excretas y lactosuero en una proporción 1:1. Para la experimentación, se utilizó un diseño completamente al azar, aplicando cuatro tratamientos con tres repeticiones, en los cuales se administraron distintas dosis de microorganismos eficientes: T1 (0 ml), T2 (100 ml), T3 (200 ml) y T4 (300 ml). El estudio incluyó un análisis inicial como referencia y posteriormente se tomaron muestras del biol en dos momentos clave: el día 5 y el día 30 del proceso. Se evaluaron diversos parámetros como pH, temperatura, así como la concentración de macronutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio). Además, se analizó la presencia de coliformes termotolerantes y coliformes totales. Para el tratamiento de los datos, se aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p > 0.005$). Los resultados indicaron que el uso de microorganismos eficientes tuvo un impacto positivo en la calidad microbiológica del biofertilizante, logrando una

reducción significativa en la concentración de coliformes termotolerantes, que pasó de 58×10^6 NMP/100 ml a 4.23 NMP/100 ml, y en la concentración de coliformes totales, que se redujo a 5.66 NMP/100 ml. Sin embargo, en lo que respecta al contenido de macronutrientes, no se observó una influencia significativa derivada del uso de los microorganismos eficientes.

Meza (2014) llevó a cabo una investigación centrada en la producción de fertilizante líquido mediante la fermentación homoláctica de papas de descarte, utilizando un consorcio microbiano de ácido láctico denominado B-lac. A lo largo del estudio, se realizaron diversas pruebas para determinar las condiciones óptimas de fermentación. Los resultados indicaron que las mezclas T10, T15, T20 y T25 lograron los valores de pH más bajos y el mayor porcentaje de acidez titulable al finalizar los primeros cinco días del proceso de fermentación homoláctica. El fertilizante líquido resultante, denominado Papa-Biol, mostró concentraciones aceptables de macronutrientes y micronutrientes. Comparado con otros cuatro bioles utilizados como referencia, demostró una mayor presencia de estos nutrientes, superando especialmente a dos de los bioles elaborados a partir de materia vegetal. Debido a su composición, se concluyó que el Papa-Biol es una opción viable como abono líquido para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Romero (2019) llevó a cabo un estudio para evaluar el impacto de la aplicación de distintas dosis de cenizas de palma aceitera en el contenido nutricional del Biol producido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Olamsa. La investigación se estructuró en tres tratamientos con diferentes cantidades de ceniza: el Tratamiento 0 (T0) consistió en 2,4 litros de Biol sin adición de cenizas; el Tratamiento 1 (T1) incluyó 2,4 litros de Biol más 100 gramos de cenizas de palma aceitera; y el Tratamiento 2 (T2) utilizó la misma cantidad de Biol con la adición de 200 gramos de cenizas. El análisis de los tratamientos permitió determinar la concentración de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como de micronutrientes tales como hierro, cobre, zinc y manganeso. Los resultados evidenciaron que la mayor concentración de nitrógeno, fósforo, cobre y manganeso se obtuvo en el T2, lo que indica que una mayor cantidad de cenizas de palma aceitera favorece el incremento de estos nutrientes en el Biol. En contraste, el T1 presentó una mayor concentración de potasio, calcio, magnesio e hierro, lo que sugiere que una menor cantidad de cenizas aporta estos elementos en mayor proporción.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Residuos solidos

De acuerdo con el artículo 14 de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314), se entiende por "residuos sólidos" a aquellas sustancias, productos o subproductos que presentan una consistencia sólida o semisólida, y que su generador desecha o está obligado a desechar, conforme a la normativa nacional vigente sobre los riesgos que representan para la salud y el medio ambiente. Para su manejo adecuado, se debe implementar un sistema que incluya, según corresponda, los siguientes procesos:

- Reducción de residuos
- Separación en el origen
- Reutilización
- Almacenamiento
- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

2.2.2. Clasificación de los residuos solidos

- **Clasificación según el estado físico**

Los residuos pueden clasificarse en función de su estado físico al momento de su generación. Desde este enfoque, se distinguen tres categorías principales: sólidos, líquidos y gaseosos. Es importante señalar que esta clasificación puede abordarse de manera meramente descriptiva o, como ocurre comúnmente en la práctica, en relación con su gestión. Por ejemplo, un barril que contiene aceite usado técnicamente contiene un residuo líquido, pero debido a la forma en que se maneja—siendo transportado en camiones en lugar de un sistema de tuberías—se gestiona como un residuo sólido (Román, 2012).

- **Clasificación según su origen**

Los residuos también pueden diferenciarse según la actividad que los genera, lo que da lugar a una clasificación sectorial. En el caso de los residuos sólidos, su origen permite dividirlos en dos categorías principales:

Residuos sólidos urbanos: Son aquellos desechos que provienen de las actividades diarias que tienen lugar dentro de los límites urbanos de una ciudad.

Residuos sólidos rurales: Aunque esta denominación se basa en el lugar donde se generan, es importante destacar que, en comparación con los residuos urbanos, los residuos rurales suelen presentar diferencias tanto en su composición como en las cantidades producidas.

2.2.3. Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú

En el año 2014, la industria de los abonos orgánicos en el Perú alcanzó un valor de aproximadamente 200 millones de dólares anuales. La demanda de estos fertilizantes naturales se estimó en 8.6 millones de toneladas al año, reflejando la creciente importancia de la agricultura sostenible en el país. Asimismo, las proyecciones económicas indicaban que para el año 2020, el sector agroexportador peruano superaría los 10 mil millones de dólares, consolidándose como una de las áreas de mayor desarrollo dentro de la economía nacional (MINAGRI, 2014).

Según los datos obtenidos en el VI Censo Nacional Agropecuario, el Perú cuenta con un total de 5,476,977 hectáreas destinadas a la actividad agrícola. De esta extensión, aproximadamente un 18%—equivalente a un millón de hectáreas—se considera tierra mejorable, es decir, terrenos que requieren la aplicación de fertilizantes para optimizar su productividad y garantizar una mayor eficiencia en los cultivos (p.23).

El uso de abonos orgánicos es una práctica extendida entre los agricultores peruanos. De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2012), alrededor de 1,370,000 productores agropecuarios emplean algún tipo de fertilizante natural, lo que equivale al 62% del total de agricultores del país. Este dato pone en evidencia el gran potencial que tiene el sector agropecuario, especialmente en las regiones altoandinas, donde la aplicación de insumos orgánicos contribuye significativamente a la mejora de la fertilidad del suelo y a la producción de cultivos más saludables y sostenibles (p.51).

En este contexto, la creciente adopción de fertilizantes naturales no solo responde a la necesidad de mejorar la calidad del suelo, sino también a la demanda de mercados internacionales que priorizan productos agrícolas libres de agroquímicos. Esto representa una oportunidad estratégica para los productores peruanos, ya que el auge de la agroexportación abre nuevas posibilidades para la comercialización de productos certificados como ecológicos, lo que podría traducirse en mayores ingresos y competitividad en el ámbito global.

Además, el impulso de los abonos orgánicos en la agricultura peruana tiene un impacto positivo en la conservación del medio ambiente, reduciendo la contaminación del suelo y el agua causada por fertilizantes sintéticos. A medida que más agricultores adopten estas prácticas sostenibles, el país podrá fortalecer su liderazgo en la producción de alimentos de alta calidad, alineados con los estándares internacionales de sostenibilidad y seguridad alimentaria.

2.2.4. Biofertilizante líquido

El biol, también conocido como bioabono líquido, es un fertilizante orgánico obtenido mediante un proceso de fermentación anaeróbica de residuos de origen vegetal y animal, como el estiércol y los restos de cultivos (Arana, 2011). Este proceso de descomposición ocurre en recipientes sellados denominados biodigestores, los cuales permiten la transformación de la materia orgánica en un fertilizante rico en nutrientes esenciales para las plantas (Peralta R., 2010).

Una de las principales características del biol es su alto contenido de fitoreguladores naturales, compuestos que, a diferencia de los macronutrientes tradicionales, pueden generar efectos positivos en las plantas incluso en pequeñas concentraciones. Estos reguladores orgánicos desempeñan un papel crucial en la fisiología vegetal, favoreciendo distintos procesos de desarrollo y crecimiento. Su aplicación ha demostrado efectos significativos en la agricultura, como la estimulación del enraizamiento, lo que resulta en un sistema radicular más fuerte y extendido. Asimismo, el biol influye positivamente en la expansión foliar, mejorando la capacidad fotosintética de la planta, además de optimizar la floración y aumentar el poder germinativo de las semillas. Todos estos beneficios contribuyen a un incremento en la productividad y calidad de los cultivos (Susquilanda, 1995).

Además de sus efectos directos en el desarrollo de las plantas, el biol es una alternativa ecológica y sostenible dentro de la agricultura, ya que no solo reduce la dependencia de fertilizantes químicos, sino que también permite el aprovechamiento de desechos orgánicos que, de otro modo, podrían convertirse en contaminantes. Su uso está particularmente recomendado en la agricultura orgánica y en sistemas de producción sostenible, donde se busca mejorar la fertilidad del suelo sin afectar negativamente al medio ambiente.

El impacto del biol en la producción agrícola es especialmente relevante en regiones donde los suelos presentan deficiencias nutricionales o erosión, ya que su aplicación mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de humedad. Además, al ser un fertilizante líquido, su absorción por las plantas es más eficiente, permitiendo resultados visibles en un corto período de tiempo. Por estas razones, su uso se ha expandido tanto en cultivos de pequeña escala como en explotaciones agrícolas comerciales que buscan mejorar sus rendimientos sin comprometer la sostenibilidad del ecosistema.

Tabla 1. Composición química de diferentes tipos de bioles.

Componente	Estiércol vacuno	Restos de comida	Restos de banana hojas, tallos y frutos
pH	7,96	8,1	No mencionada
Materia seca	4,18%	4,2%	No mencionada
Nitrógeno total	2,63 g/Kg	2,4 g/Kg	0,2 g/kg
NH ₄	1,27 g /Kg	1,08 g/Kg	No mencionada
Fosforo	0,43 g /Kg	1,01	0,076 g/kg
Potasio	2,66 g /Kg	2,94	4,2 g/kg
Calcio	1.05 g /Kg	0,50	0,056 g/kg
Sodio	0,404 g /Kg	No mencionada	2,1 g/kg
Azufre	No mencionada	No mencionada	6,4 g/kg
Carbono	No mencionada	No mencionada	1,1 g/kg
Boro	No mencionada	No mencionada	0,56 g/kg

Zinc	No mencionada	No mencionada	No mencionada
------	---------------	---------------	---------------

Fuente: Aparcana (2005)

2.2.5. Biol acelerado

Los bioles acelerados son un tipo de fertilizante líquido orgánico obtenido mediante la fermentación láctica de materia orgánica. Este proceso es llevado a cabo por un consorcio de microorganismos conocido como B-lac, el cual está compuesto principalmente por bacterias ácido-lácticas. Estas bacterias desempeñan un papel clave en la descomposición de los residuos orgánicos, ya que no solo aceleran su degradación, sino que también eliminan de manera eficaz microorganismos patógenos. La producción de ácido láctico durante la fermentación genera un entorno hostil para otras bacterias, lo que otorga a las bacterias ácido-lácticas una ventaja competitiva sobre otros microorganismos presentes en el sustrato. Como resultado, los bioles acelerados presentan un pH ácido, lo que los distingue de los bioles convencionales (Peralta R., 2010).

La elaboración de estos fertilizantes líquidos representa una alternativa eficiente y sostenible en comparación con los fertilizantes químicos tradicionales. Su producción requiere una inversión económica reducida y ofrece la ventaja de transformar diversos tipos de residuos orgánicos en un fertilizante de alta calidad en un corto período de tiempo. Esto no solo favorece la fertilidad del suelo y el crecimiento de los cultivos, sino que también contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental generado por la acumulación de desechos orgánicos.

Al igual que los bioles convencionales, la composición nutricional de los bioles acelerados no es uniforme, ya que depende directamente de los insumos utilizados durante el proceso de fermentación. Factores como el tipo de residuos empleados, la proporción de materia prima y las condiciones del proceso determinan la concentración de nutrientes esenciales en el producto final. En la Tabla 2, se presentan los valores nutricionales de distintos tipos de bioles acelerados, los cuales pueden variar en su contenido de macronutrientes y micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal.

El uso de bioles acelerados en la agricultura no solo mejora la estructura y fertilidad del suelo, sino que también promueve un crecimiento más saludable de las plantas. Su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes y estimular el sistema

inmunológico de los cultivos lo convierte en una herramienta fundamental para prácticas agrícolas sostenibles. Además, su aplicación es versátil y puede realizarse mediante riego, aspersión foliar o incorporación al suelo, adaptándose así a diferentes sistemas de producción agrícola.

En este contexto, la expansión del uso de bioles acelerados representa un paso importante hacia una agricultura más ecológica y económicamente accesible. A medida que crece el interés por reducir el uso de agroquímicos y fomentar prácticas agrícolas regenerativas, este tipo de biofertilizante se posiciona como una solución viable para mejorar la productividad sin comprometer la salud del ecosistema.

Tabla 2. Composición química de los bioles acelerados.

Composición química de los bioles acelerados				
Nutrientes (mg/l)	Biol acelerado de estiércol de vacuno	Biol acelerado de residuos de rocoto	Biol acelerado de estiércol de ovino	Biol acelerado de residuos de pota
N	4200	2716	1876	16800
P	744.2	259	203.4	1222
K	17200	8040	9005.6	8160
Ca	5200	836	1523.10	1520
Mg	1740	556	1044.4	864
Na	1040	214	590.8	2280

Fuente: Peralta (2010)

2.2.6. Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes (ME), conocidos en inglés como *Efficient Microorganisms*, son productos biotecnológicos formulados en estado líquido que contienen una diversidad de más de 80 especies microbianas. Dentro de esta composición se incluyen microorganismos con distintos requerimientos metabólicos, como bacterias aeróbicas, anaeróbicas y fotosintéticas, lo que permite que coexistan en equilibrio y formen comunidades microbianas estables. Un aspecto destacado de los ME es su capacidad para complementarse entre sí, optimizando así sus funciones en los ecosistemas donde son aplicados (Hoyos et al., 2008).

Estos microorganismos han demostrado múltiples beneficios en distintos ámbitos. Su aplicación ha sido especialmente útil en el tratamiento de aguas residuales, donde contribuyen a la descomposición de materia orgánica y a la reducción de contaminantes. Asimismo, se utilizan para eliminar malos olores, especialmente en plantas de tratamiento de residuos y en la gestión de desechos orgánicos. En el sector agrícola, los ME han sido fundamentales para la producción de alimentos libres de agroquímicos, promoviendo una agricultura más sostenible. También se han implementado en la gestión de residuos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, así como en industrias como la de procesamiento de alimentos, la fabricación de papel y en mataderos. Su uso se ha extendido incluso a nivel municipal, donde se emplean en programas de saneamiento y manejo de desechos urbanos (Feijoo, 2016).

El origen de los microorganismos eficientes se remonta a la década de 1960, aunque fue en la década de 1970 cuando comenzaron los avances más significativos gracias a los estudios del profesor Teruo Higa, especialista en horticultura de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Su interés en esta tecnología surgió de una experiencia personal: en sus primeros años como profesional, estuvo expuesto a los efectos nocivos de los pesticidas químicos, lo que lo llevó a investigar alternativas más seguras y naturales para la agricultura. Gracias a sus investigaciones, se desarrolló el concepto de ME como una solución biotecnológica para mejorar la productividad agrícola sin recurrir a insumos químicos perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana (Quispe y Chávez, 2017).

Actualmente, el uso de microorganismos eficientes continúa expandiéndose, no solo en la agricultura, sino también en diversos sectores industriales y ambientales. Su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo, optimizar la calidad del agua y reducir la contaminación los convierte en una herramienta clave para el desarrollo de prácticas sostenibles. Además, su implementación en sistemas de agricultura regenerativa y permacultura ha despertado un gran interés a nivel global, ya que favorece la restauración de ecosistemas degradados y promueve una producción más resiliente ante el cambio climático.

2.2.7. Grupo microbiano que componen los ME

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) son microorganismos con diversas aplicaciones, especialmente en la fermentación de alimentos como productos lácteos, embutidos, encurtidos y bebidas fermentadas.

Desde el punto de vista microbiológico, son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados y generalmente anaerobios o microaerófilos. Su principal producto de fermentación es el ácido láctico. No presentan movilidad y carecen de citocromos, por lo que no pueden reducir nitratos a nitritos. Su alta tolerancia al pH les permite sobrevivir en ambientes extremos, desde valores tan bajos como 3.2 hasta tan altos como 9.6, aunque su rango óptimo de crecimiento se encuentra entre 4.0 y 4.5.

Este grupo incluye géneros como *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* y *Pediococcus*, los cuales pueden encontrarse en alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas y en el sistema digestivo y reproductivo de animales homeotérmicos. Algunas BAL poseen efecto antimicrobiano contra patógenos del suelo debido a su capacidad para reducir el pH y producir bacteriocinas, como la nisina, que es altamente efectiva contra bacterias Gram positivas. Son microorganismos de crecimiento lento y dependientes de la temperatura, con un óptimo de 30 °C. Se desarrollan mejor en atmósferas con 5 % de CO₂.

Las bacterias fotosintéticas son microorganismos autótrofos facultativos que incluyen especies como *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*. Obtienen carbono a partir de moléculas orgánicas liberadas por las raíces de las plantas, mientras que su fuente de energía proviene de la luz solar y el calor del suelo.

En el contexto de los microorganismos eficientes (ME), *R. palustris* destaca por su capacidad de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, esenciales para el crecimiento de microorganismos heterótrofos.

Por otro lado, *R. sphaeroides* es una bacteria Gram negativa capaz de sobrevivir tanto en agua dulce como salada, formando una película rosada en la superficie de estanques. Posee una gran diversidad metabólica, incluyendo respiración aeróbica y anaeróbica, litotrofismo, fijación de nitrógeno y la síntesis de clorofilas, hemo y vitamina B12. Algunas cepas cuentan con flagelos distribuidos por toda la célula, lo que les permite moverse eficientemente en su entorno.

En conjunto, tanto las BAL como las bacterias fotosintéticas cumplen un papel fundamental en procesos de fermentación, mejoramiento del suelo y agricultura sostenible, contribuyendo a la producción de biofertilizantes y la reducción del uso de agroquímicos.

2.2.8. Melaza

La melaza, también conocida como miel final 85° Brix, es un subproducto rico en azúcares y minerales. El término Brix se emplea para indicar la gravedad específica de una solución, reflejando el porcentaje de azúcar por peso en soluciones puras. Sin embargo, debido a la presencia de minerales, gomas y otros compuestos, la lectura en Brix no representa con exactitud el contenido real de azúcar o sólidos totales en la melaza.

Su composición varía, con un contenido de materia seca entre 75 y 83%, sacarosa en un rango del 30 al 40% y compuestos nitrogenados entre 2.5 y 4.5%, siendo el aspartato y el glutamato los más comunes. Además, posee un contenido de nitrógeno de 0.4 a 1.5%. En términos de azúcares, la melaza contiene entre 26 y 40% de sacarosa y de 12 a 25% de azúcares reductores, lo que eleva el total de azúcares a un 50-60%.

El contenido de proteína cruda es bajo, aproximadamente 3%, y su cantidad puede variar. La fracción de ceniza oscila entre 8 y 10%, compuesta principalmente por potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), cloruros (Cl) y sales de azufre.

Gracias a su composición nutricional, la melaza es un valioso suplemento en la formulación de piensos para la alimentación animal, proporcionando energía y mejorando la palatabilidad de los alimentos para el ganado.

2.2.9. Levaduras

Las levaduras desempeñan un papel clave en la formulación de microorganismos eficientes (ME), ya que pueden metabolizar diversas fuentes de carbono como glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol. En este grupo microbiano predominan especies del género *Saccharomyces*, siendo *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* las más representativas. Para su desarrollo, requieren fuentes de nitrógeno como amoníaco, urea o sales de amonio, aunque no pueden asimilar nitratos ni nitritos (Fayami & Ojokoh, 2014).

Además del nitrógeno, estas levaduras necesitan fósforo, el cual puede suministrarse como ácido fosfórico, junto con otros minerales esenciales como magnesio, calcio, hierro, cobre y zinc, además de vitaminas del complejo B. Gracias a su metabolismo, sintetizan compuestos antimicrobianos a partir de azúcares y aminoácidos liberados por bacterias fotosintéticas, así como hormonas y enzimas que pueden ser aprovechadas por bacterias ácido-lácticas (BAL) (Meena & Meena, 2017).

Uno de los productos clave del metabolismo fermentativo de las levaduras es el etanol, que en altas concentraciones presenta actividad antifúngica. En el caso de *S. cerevisiae*, se trata de un microorganismo eucariota unicelular con forma globular y un característico tono verde amarillento. Es quimioorganótrofo, lo que significa que obtiene su energía a partir de compuestos orgánicos sin requerir luz solar. Su fuente de carbono preferida es la glucosa, y puede crecer en condiciones anaeróbicas facultativas, es decir, con o sin oxígeno (Gao et al., 2019).

Cuando hay ausencia de oxígeno, *S. cerevisiae* convierte la glucosa en productos como etanol, dióxido de carbono (CO₂) y glicerol, un proceso conocido como fermentación alcohólica. Aunque su crecimiento en estas condiciones no es el más eficiente, este mecanismo es ampliamente utilizado en la industria para la fermentación de azúcares presentes en granos como trigo, cebada y maíz (Gao et al., 2019).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Residuos orgánicos agrícolas

Los residuos orgánicos agrícolas son aquellos desechos de origen biológico, mayormente vegetal, que provienen de diversas actividades agropecuarias. Estos materiales, al someterse a procesos naturales de descomposición, liberan gases como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), además de generar lixiviados que pueden afectar el suelo y las fuentes de agua cercanas si no son gestionados de manera adecuada (OEFA, 2016).

Dado su origen natural, estos residuos poseen un alto potencial de aprovechamiento si se someten a tratamientos específicos. A través de procesos como el compostaje y la vermicompostación, pueden transformarse en fertilizantes orgánicos, tales como compost y humus, los cuales contribuyen a la mejora de la estructura del suelo, incrementan su capacidad de retención de agua y proporcionan nutrientes esenciales para el crecimiento de cultivos. Además, su adecuada gestión ayuda a reducir el impacto ambiental asociado a la acumulación de desechos en vertederos, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero y evitando la contaminación de cuerpos hídricos por lixiviados (OEFA, 2016).

Asimismo, algunos residuos agrícolas pueden destinarse a la producción de bioenergía mediante tecnologías como la biodigestión anaeróbica, un proceso en el que los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno,

generando biogás. Este gas, compuesto en su mayoría por metano, puede utilizarse como fuente de energía renovable para generar electricidad o calor, representando una alternativa sostenible para las comunidades agrícolas (OEFA, 2016).

Por otro lado, la reutilización de estos residuos contribuye a la implementación de prácticas de economía circular en el sector agrícola, promoviendo un uso eficiente de los recursos y reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos, cuyo uso excesivo puede generar problemas de salinización y degradación del suelo. De esta manera, el manejo adecuado de los residuos orgánicos agrícolas no solo mitiga impactos ambientales negativos, sino que también favorece la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y fortalece la seguridad alimentaria a largo plazo (OEFA, 2016).

2.3.2. Biodigestor

El biodigestor es un dispositivo esencial en esta investigación, ya que permite procesar material orgánico dentro de un recipiente cerrado, hermético e impermeable. A través de un proceso de digestión anaerobia, dicho material se descompone y se convierte en productos útiles, como el biogás, compuesto principalmente por metano, y un residuo sólido que puede utilizarse como abono orgánico. Este sistema representa una solución sostenible para el manejo de residuos, al tiempo que contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero y promueve prácticas agrícolas responsables. Según Auxiliadora y Zelaya (2015), el término "biodigestor" proviene de la analogía con el proceso digestivo, destacando su función de transformar desechos orgánicos en recursos valiosos.

2.3.3. pH

El pH se define como la medida que indica el nivel de acidez o basicidad de una sustancia en función de la concentración de iones de hidrógeno, y juega un papel crucial en la digestión anaeróbica dentro de los biodigestores. Específicamente, las variaciones en el pH pueden influir significativamente en la actividad de las bacterias metanogénicas, responsables de descomponer la materia orgánica para generar biogás y abono. Cuando el pH se mantiene en un rango cercano a la neutralidad—entre 6,5 y 7,5—se produce una inhibición de estas bacterias, lo que puede comprometer la eficiencia del proceso de digestión anaeróbica. Este fenómeno destaca la necesidad de controlar cuidadosamente las condiciones del pH en los

biodigestores para asegurar que las reacciones biológicas ocurran de manera óptima y eficiente (Glossary, 2021).

2.3.4. Biol

El biol es un fitoestimulante orgánico enriquecido con fitoreguladores, obtenido a partir de la descomposición anaeróbica de desechos orgánicos que se logra mediante la filtración o decantación del bioabono; generalmente se prepara disolviendo estiércol fresco en agua y añadiéndole leche, melaza y ceniza, para luego fermentar la mezcla durante varios días en túneles o tanques plásticos en ausencia de oxígeno. Este proceso no solo permite transformar residuos en un producto de valor que estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que también destaca por su enfoque sostenible, aprovechando los subproductos orgánicos y reduciendo el impacto ambiental en la agricultura (Lagler, 2017).

2.3.5. Biosol

El biosol es el residuo sólido que se obtiene tras prensar y extraer la parte líquida del biofertilizante (Buchelli, 2014). Este subproducto se caracteriza por su elevado contenido en materia orgánica y nutrientes, lo que lo convierte en un insumo de gran valor para la agricultura orgánica. Su aplicación en el suelo puede mejorar significativamente la estructura, aumentar la capacidad de retención de agua y aportar nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, facilitando un crecimiento más saludable y robusto. Además, el uso del biosol promueve la sostenibilidad ambiental al permitir un aprovechamiento integral de los recursos orgánicos, reduciendo la generación de residuos y fomentando prácticas de economía circular en el sector agrícola. En este sentido, el biosol se posiciona como un componente clave en sistemas de manejo orgánico de suelos, optimizando la fertilización y contribuyendo a una gestión más eficiente y responsable de los desechos orgánicos (Buchelli, 2014).

2.3.6. Descomposición de Materia Orgánica

La descomposición de la materia orgánica es el proceso mediante el cual los restos de organismos muertos, conocidos como detritus, se transforman en compuestos más simples que pueden ser reabsorbidos y reutilizados por otros organismos. Este mecanismo es fundamental en los ecosistemas, ya que la materia orgánica muerta representa la mayor parte de la energía química disponible, facilitando el reciclaje de nutrientes esenciales. A medida que los organismos descomponedores

actúan sobre el detritus, liberan energía que se transfiere a través de los diferentes eslabones de la cadena trófica, asegurando el flujo continuo de energía y la fertilidad del suelo. Este proceso no solo sustenta la productividad biológica, sino que también juega un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio ecológico, permitiendo que cada nivel trófico se beneficie de los nutrientes liberados durante la descomposición (Pozo J., 2009).

2.3.7. Fosforo Total

El fósforo total se refiere a la suma de todos los compuestos que contienen este elemento y resulta esencial para la vida de las plantas, ya que forma parte de numerosos compuestos críticos para su desarrollo y funcionamiento. Se integra en los ácidos nucleicos, fundamentales para la transmisión y expresión de la información genética, en los fosfolípidos, que conforman la estructura básica de las membranas celulares, y en las coenzimas NAD y NADP, imprescindibles en las reacciones redox que regulan el metabolismo energético. Además, el ATP, la principal molécula portadora de energía en las células, depende directamente de la disponibilidad de fósforo para su síntesis y funcionamiento. Este elemento se acumula en altas concentraciones en los tejidos meristemáticos, donde se concentra la actividad de crecimiento y formación de nuevas células, lo que evidencia su papel vital en el desarrollo de órganos y estructuras vegetales. La adecuada presencia de fósforo en el suelo no solo facilita la transferencia y utilización de energía durante procesos como la fotosíntesis, sino que también influye decisivamente en la síntesis de compuestos orgánicos esenciales, asegurando un crecimiento robusto y una buena productividad de la planta (Román, 2012).

2.3.8. Nitrógeno Total

El nitrógeno total es fundamental para el desarrollo de las plantas, ya que estimula especialmente el crecimiento de la parte aérea. Este elemento se encuentra en el suelo en tres formas químicas principales: orgánica, amoniacal y nítrica. La forma orgánica proviene de la descomposición de materia vegetal, como restos de cosechas, estiércoles y abonos verdes, y, gracias a la acción de microorganismos del suelo, se transforma en nitrógeno mineral, que es la forma asimilable por las plantas. La forma nítrica puede ser absorbida directamente por la planta, mientras que la forma amoniacal debe convertirse en nitrato para ser utilizada, aunque en las primeras fases de desarrollo vegetal, una parte de esta forma también puede ser absorbida. Este proceso de transformación es esencial para garantizar la disponibilidad del nitrógeno, permitiendo a

las plantas aprovechar al máximo este nutriente vital para su crecimiento y desarrollo (Ricse, 2013).

2.3.9. Potasio Total

El potasio es un nutriente esencial para las plantas, a pesar de encontrarse en el suelo en cantidades relativamente pequeñas, y se absorbe principalmente en forma del ión K^+ (Román, 2012). Este elemento juega múltiples roles críticos en el desarrollo vegetal: interviene en el intercambio de carbohidratos, facilitando el transporte y la distribución de azúcares entre las diferentes partes de la planta, y es fundamental en la síntesis de proteínas, lo que favorece el crecimiento y la reparación celular. Además, el potasio regula la actividad de otros elementos minerales, manteniendo un equilibrio nutricional que resulta crucial para la salud de la planta. También participa en la activación de diversas enzimas implicadas en procesos metabólicos esenciales y coordina los movimientos de apertura y cierre de las estomas, mecanismo vital para el control de la transpiración y el régimen hídrico. Estos procesos en conjunto aseguran que, a pesar de su baja concentración en el suelo, el potasio contribuya de manera decisiva a la eficiencia fisiológica y al rendimiento productivo de las plantas (Román, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se llevó a cabo en el caserío Villa Rica, ubicado en la región de Huánuco, Perú, y en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). La investigación tuvo una duración de seis meses. Se realizaron monitoreos periódicos para evaluar la evolución del proceso fermentativo y los cambios en las propiedades del biol.

3.1.1. Ubicación política de la zona de estudio

- Caserío : Villa Rica.
- Distrito : Santo Domingo de Anda.
- Provincia : Leoncio Prado.
- Departamento : Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio

- Caserío : Villa Rica
- Norte : 8997993
- Este : 383988
- Altitud : 964 msnm.

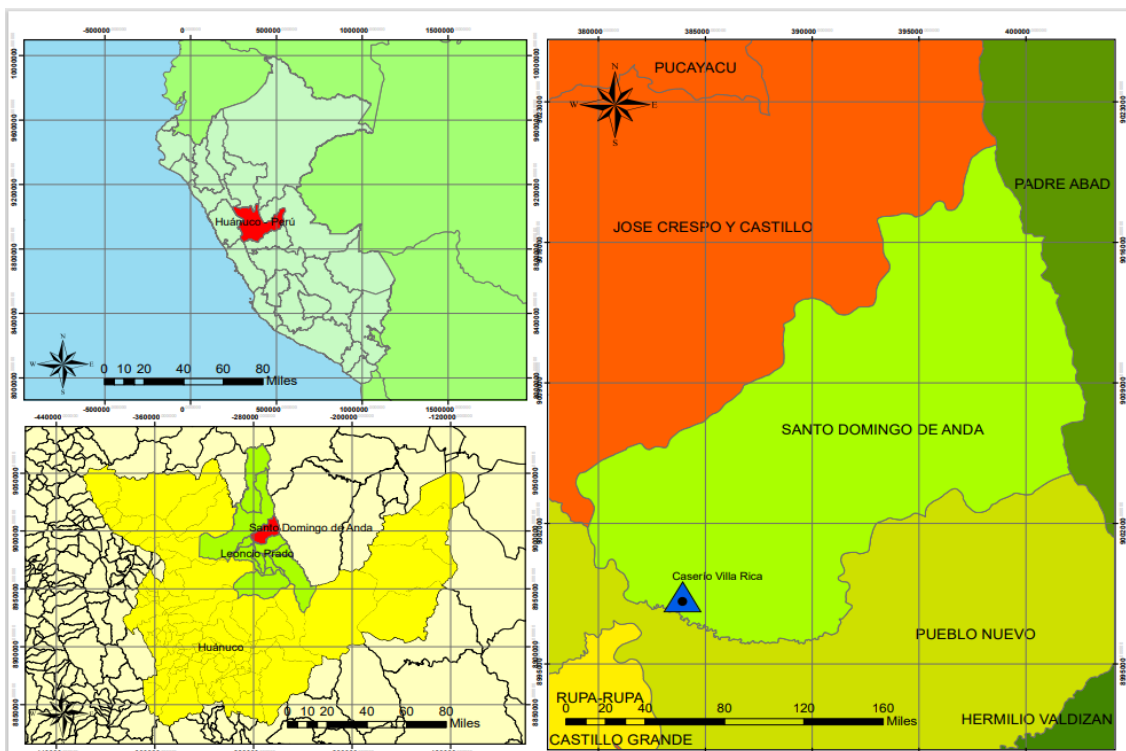


Figura 1. Ubicación política de la zona en estudio.

3.1.3. Características generales de la zona

- **Clima**

El clima del distrito de Santo Domingo de Anda se clasifica como tropical de selva alta, caracterizado por una temperatura promedio de 24.5 °C y una humedad relativa del 77.5%. La interacción entre las condiciones hidrográficas y la geografía accidentada del territorio propicia la formación de diversos microclimas. Se distinguen dos periodos estacionales bien definidos: un periodo de lluvias que se extiende de noviembre a marzo, durante el cual se acumula una precipitación anual de 3142 mm, y un periodo de sol que abarca de abril a noviembre. Estas condiciones climáticas no solo determinan la biodiversidad de la zona, sino que también influyen en el desarrollo de las actividades agrícolas y económicas de la región (INGEMMET, 2020).

- **Temperatura**

El caserío de Villa Rica presenta un clima bastante estable, con una temperatura media anual de 24.5 °C; en este entorno, se registra que las temperaturas alcanzan su punto máximo en abril, promediando 24.8 °C, mientras que en agosto se observan los valores mínimos, con un promedio cercano a 24.2 °C (Ingemmet, 2020). Esta leve variación térmica sugiere que la zona disfruta de condiciones climáticas moderadas a lo largo del año, lo cual puede favorecer actividades agrícolas que dependen de un ambiente sin extremos de temperatura, permitiendo un desarrollo más predecible y constante de los cultivos.

- **Precipitación**

En el caserío de Villa Rica, se observa que la precipitación es más escasa en agosto, con un promedio de 121 mm, mientras que en enero se registran los niveles más altos, alcanzando los 416 mm, lo que implica una diferencia de 295 mm entre los meses más secos y húmedos; además, se evidencia una mínima variación térmica de 0.6 °C (Ingemmet, 2020). Este patrón indica que, a pesar de la marcada disparidad en la cantidad de lluvia a lo largo del año, las temperaturas se mantienen casi constantes, lo cual es crucial para la planificación de actividades agrícolas y la gestión de recursos hídricos, ya que permite diseñar estrategias específicas para optimizar el uso del agua en los periodos de escasez y aprovechar los picos de precipitación.

- **Zona de vida**

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987), el distrito de Santo Domingo de Anda se caracteriza por la presencia de seis ecosistemas distintos, a saber: Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical, Bosque Húmedo Tropical, Bosque Pluvial Montano Tropical, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Tropical, Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical y Bosque Muy Húmedo Tropical. Esta diversidad ecológica evidencia una interacción compleja entre factores climáticos y geográficos que generan distintos microhábitats dentro del territorio. En el marco de este estudio, se ha seleccionado el Bosque Húmedo Tropical, cuya alta humedad y estabilidad ambiental lo convierten en un entorno representativo para analizar procesos ecológicos en condiciones de abundante precipitación y diversidad biológica. Tal elección permite focalizar la investigación en un ecosistema que refleja las características climáticas predominantes en la región, facilitando el entendimiento de las dinámicas ambientales propias de áreas de alta humedad y contribuyendo al manejo sostenible de sus recursos (Holdridge, 1987).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Tablero de apuntes, rótulos, 10 timbos (200L), ligas de hule, galones, 1 pala pequeña, botas de jebe, plumón de tinta indeleble, lapiceros, libreta de apuntes, Malla Rashiel para contener el lecho del plátano, manguera de 1,5 cm de diámetro, botella con agua, machete, plástico grande, gebe.

3.2.2. Equipos

Multiparametro para pH, Conductividad, Estufa eléctrica, Balanza analítica, Autoclave, Taladro, Cámara fotográfica.

3.2.3. Insumos

- Materia orgánica:

Lecho del tallo de plátano (variedades seda, Moquicho e Inguiri) y levadura seca activada.

- Minerales y aditivos:

Melaza (3 L por timbo) como fuente de energía para los microorganismos, dolomita (3 kg por timbo) para aportar calcio y magnesio, ceniza (0,5

kg por timbo) como fuente de potasio y otros minerales y leche en polvo (150 g por timbo) para mejorar el contenido de nutrientes.

- **Agua:**

60 L en la etapa inicial y se completó hasta 180 L en la fase final.

- **Mineralización final:**

Cobre, Sulfato de potasio, Calcio y Magnesio.

3.3. Criterios de investigación

3.3.1. Nivel de investigación

La investigación se caracteriza por un enfoque explicativo y/o experimental, ya que se orienta a analizar y establecer las causas subyacentes a los efectos observados en los ámbitos físico, químico y biológico. En este estudio, se busca comprender por qué se presentan los fenómenos del biofermento, identificando las condiciones específicas en las que ocurren y detallando las correlaciones entre las variables involucradas en las causas y sus efectos. Esta metodología permite profundizar en la relación causal entre los procesos estudiados, lo que es fundamental para validar hipótesis y avanzar en el conocimiento sobre el comportamiento del biofermento (Behar, 2008).

3.3.2. Tipo de investigación

El estudio se enmarca como una investigación de carácter aplicativo, orientada a resolver problemas prácticos mediante la utilización de abonos orgánicos líquidos elaborados por los propios habitantes del caserío de Villa Rica. En este enfoque, los resultados se implementarán de inmediato para abordar las deficiencias en las condiciones del suelo, aportando nutrientes orgánicos que potencien la productividad del sector agropecuario. Esta metodología no solo facilita la aplicación directa de los hallazgos en el entorno productivo, sino que también promueve la participación activa de la comunidad en la búsqueda de soluciones sostenibles y la mejora de la calidad del suelo, respondiendo eficazmente a las necesidades de la sociedad local (Behar, 2008).

3.3.3. Variables de investigación

Variable independiente: Residuos agrícolas a partir del plátano.

Variable dependiente: Biofermento

Variable interviniente: Factores climáticos, caserío Villa Rica

3.3.4. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables de investigación.

Variables de investigación	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
X: Residuos agrícolas de Musa paradisiaca (plátano)	Los residuos agrícolas de Musa paradisiaca (plátano) se refieren a todos los subproductos y desechos orgánicos generados durante el cultivo, cosecha y procesamiento del plátano. Estos residuos comprenden partes no consumibles como las hojas, el pseudotallo, la cáscara y otros restos vegetales, que, aunque tradicionalmente considerados desechos, poseen un alto potencial para ser reutilizados en procesos como el compostaje, la producción de biofertilizantes o la generación de bioenergía, contribuyendo así a una gestión sostenible y a la economía circular.	Plátano	Peso plátano moquicho
			Peso plátano seda
			Peso plátano inguiri
Y: Calidad del biofermento	El biofermento es el producto de un proceso de fermentación de materiales orgánicos que se utiliza para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, así también ayuda a mejorar el rendimiento y la calidad en la producción	Propiedades Física	Densidad
			Temperatura
			CE
			Humedad
			Materia Seca
			Materia Orgánica
Cenizas			
			N

	P2O5
	pH
	Mg
	Ca
	K
Propiedades Químicas	Zn
	Fe
	Cu
	Mn
	Cd
	Pb

3.3.5. Diseños de investigación

Se empleó un diseño experimental con tres repeticiones por tratamiento, dando un total de 10 unidades experimentales. Los tratamientos fueron los siguientes:

- **T0 (control):** sin adición de lechos del tallo de plátano.
- **T11, T12, T13:** lecho del tallo de plátano variedad Seda.
- **T21, T22, T23:** lecho del tallo de plátano variedad Moquicho.
- **T31, T32, T33:** lecho del tallo de plátano variedad Inguiri.

Tabla 4. Diseño de la investigación.

Tratamiento con repetición	kg de Residuos orgánico agrícola a partir del plátano	Resultados de los indicadores de la variable observada
T11	15	O ₁
T12	15	O ₂
T13	15	O ₃
T21	15	O ₄

T22	15	O ₅
T23	15	O ₆
T31	15	O ₇
T32	15	O ₈
T33	15	O ₉
T0	0	O ₁₀

Cada tratamiento se realizó en timbos de 200 litros, debidamente rotulados y ubicados en condiciones controladas para evitar contaminaciones cruzadas.

3.3.6. Población y muestra

La población estuvo constituida por los agricultores productores de plátano en el caserío de Villa Rica, quienes desempeñan un rol fundamental en la economía local y en el desarrollo agrícola de la región. Este grupo está compuesto por agricultores con amplia experiencia, que han perfeccionado tanto técnicas tradicionales como métodos modernos de cultivo, adaptándose a las condiciones específicas del clima y del suelo de la zona. Su labor no solo asegura la producción continua y la comercialización del plátano, sino que también representa una fuente clave de conocimientos empíricos sobre prácticas agrícolas sostenibles y el manejo eficiente de recursos naturales.

Como muestra, se eligieron plátanos de las variedades moquicho, inguiri y seda, representativas de la diversidad genética y productiva del caserío de Villa Rica. Esta selección se realizó para abarcar las distintas características agronómicas y de calidad presentes en la producción local, permitiendo evaluar de manera integral el comportamiento de cada variedad en términos de rendimiento, resistencia a plagas y adaptabilidad a las condiciones ambientales específicas de la zona. Al incluir estas tres variedades, se busca no solo reflejar la diversidad existente en los cultivos de plátano, sino también identificar prácticas de manejo y estrategias de cultivo que optimicen la productividad y la sostenibilidad en el sector agropecuario de la región.

3.3.7. Técnicas e instrumentos de investigación

Se empleó la observación experimental, lo que implicó elaborar un registro detallado de datos en condiciones relativamente controladas. Dicho

registro se complementó con la información obtenida en campo y los análisis realizados en laboratorios, permitiendo integrar datos de entornos controlados y reales. Esta estrategia metodológica facilitó la identificación y el análisis de las variables en estudio, al establecer un marco comparativo que robusteció la validez de los resultados. Además, al combinar datos experimentales con observaciones de campo, se logró una visión más completa del fenómeno, permitiendo discernir con mayor precisión las relaciones causales entre las variables y asegurando que los hallazgos fueran sistemáticos y confiables.

3.3.8. Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando el software SPSS. Se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Kruskal-Wallis para determinar cuál fue el tratamiento con el biofermento de mejor calidad, estableciendo un nivel de confianza del 95%. Posteriormente, se aplicó la prueba de HSD Tukey, y los resultados se evaluaron mediante gráficos de las medias.

3.4. Metodología

3.4.1. Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumos.

En esta primera etapa se adquirieron los materiales, equipos, herramientas, insumos y otros componentes necesarios para alcanzar el cumplimiento y desarrollo del trabajo de investigación, con la finalidad de obtener información de base respecto a los residuos orgánicos agrícolas generados a partir del plátano.

3.4.2. Selección y acondicionamiento del área de trabajo

Se seleccionó el caserío Villa Rica para este estudio, y la parte experimental para la obtención de biofermento se desarrolló en un fundo del mismo caserío. Además, el análisis de los parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos y en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.4.3. Preparación del biofermento

Fermentación inicial del lecho del tallo de plátano, se inició el proceso seleccionando tres variedades de plátano: seda, Moquicho e Inguiri. Para cada una de estas variedades, se picó el lecho del tallo en trozos pequeños, lo que

permitió aumentar la superficie de exposición y favorecer la acción de los microorganismos. Este material picado se dejó fermentar durante 7 días en condiciones controladas de temperatura y humedad, a las que se le añadió levadura seca activada para impulsar el proceso de fermentación. Al concluir este periodo, se separaron tres lotes de 15 kg por cada variedad, obteniéndose un total de nueve lotes de material fermentado.

Posteriormente, se procedió a la elaboración del biofermento. Cada lote de 15 kg del lecho fermentado se colocó dentro de una malla Rashiel, diseñada para evitar la dispersión del material durante las siguientes etapas. Paralelamente, se preparó una mezcla base en un timbo de 200 L, en el cual se combinaron los siguientes ingredientes: 3 L de melaza, 3 kg de dolomita, 0.5 kg de ceniza, 150 g de leche en polvo y 60 L de agua. Una vez preparada la mezcla, la malla conteniendo el lecho fermentado se sumergió completamente en ella, asegurando que todo el material estuviera en contacto con la solución.

Con el objetivo de continuar el proceso en condiciones anaeróbicas, se cerraron herméticamente los timbos utilizando material impermeable y jebe, lo que garantizó la exclusión de oxígeno. Se instaló una manguera de 1.5 cm de diámetro, conectada a una botella con agua, para permitir la salida de los gases generados durante la fermentación sin comprometer el ambiente anaeróbico interno. El timbo se dejó fermentar durante un mes en un ambiente cálido y sombreado, y se realizó un monitoreo periódico observando el burbujeo, indicador de que el proceso anaeróbico se desarrollaba de manera adecuada.

Una vez transcurrido el mes de fermentación anaeróbica, se procedió a la etapa de mineralización y ajuste final. Se incorporaron a cada timbo los minerales esenciales para enriquecer la composición del biol, tales como cobre, sulfato de potasio, calcio y magnesio. Tras esta adición, se completó la mezcla agregando agua hasta alcanzar un volumen total de 180 L por timbo, asegurándose de que la solución quedara homogénea. Finalmente, se dejó fermentar el biol durante 45 días adicionales para lograr una completa mineralización y maduración del producto. Concluido este proceso, se tomaron muestras representativas que posteriormente se enviaron al laboratorio para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes.



Figura 2. Biofermentador.

3.4.4. Análisis de la calidad del biofermento

Durante el análisis del biol producido, se midieron diversas variables que permitieron evaluar sus características y calidad, agrupadas en propiedades fisicoquímicas, propiedades químicas y contenido de metales pesados.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, se determinaron las siguientes variables: el pH, para conocer el nivel de acidez o alcalinidad del biol; la temperatura, expresada en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), para verificar las condiciones térmicas del producto; la densidad, medida en gramos por mililitro (g/mL), como indicador de la concentración del biol; y la conductividad eléctrica (CE), expresada en decisiemens por metro (dS/m), para conocer la cantidad de sales disueltas. Asimismo, se midió el porcentaje de humedad y el porcentaje de materia seca, variables fundamentales para comprender la relación entre el contenido de agua y los sólidos presentes. Finalmente, se evaluaron los porcentajes de

materia orgánica y de cenizas, lo que permitió estimar la cantidad de compuestos carbonados y residuos minerales tras la combustión del biol.

Respecto a las propiedades químicas, se analizaron los macronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal: nitrógeno (N), fósforo en forma de P_2O_5 , potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Estos nutrientes son fundamentales en los procesos de crecimiento, floración y fructificación de las plantas. Además, se evaluaron micronutrientes como zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn), los cuales, aunque requeridos en menores cantidades, desempeñan un papel crítico en las funciones metabólicas de las plantas.

Finalmente, se examinó la presencia de metales pesados potencialmente tóxicos, específicamente cadmio (Cd) y plomo (Pb), para garantizar la inocuidad del biol y su viabilidad como fertilizante orgánico sin riesgos para el suelo, las plantas y, eventualmente, la salud humana.

La medición de estas variables permitió una caracterización integral del biol producido, facilitando el análisis de su calidad y su potencial aplicación en el mejoramiento de suelos agrícolas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las propiedades físicas del biofermento a partir de residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano).

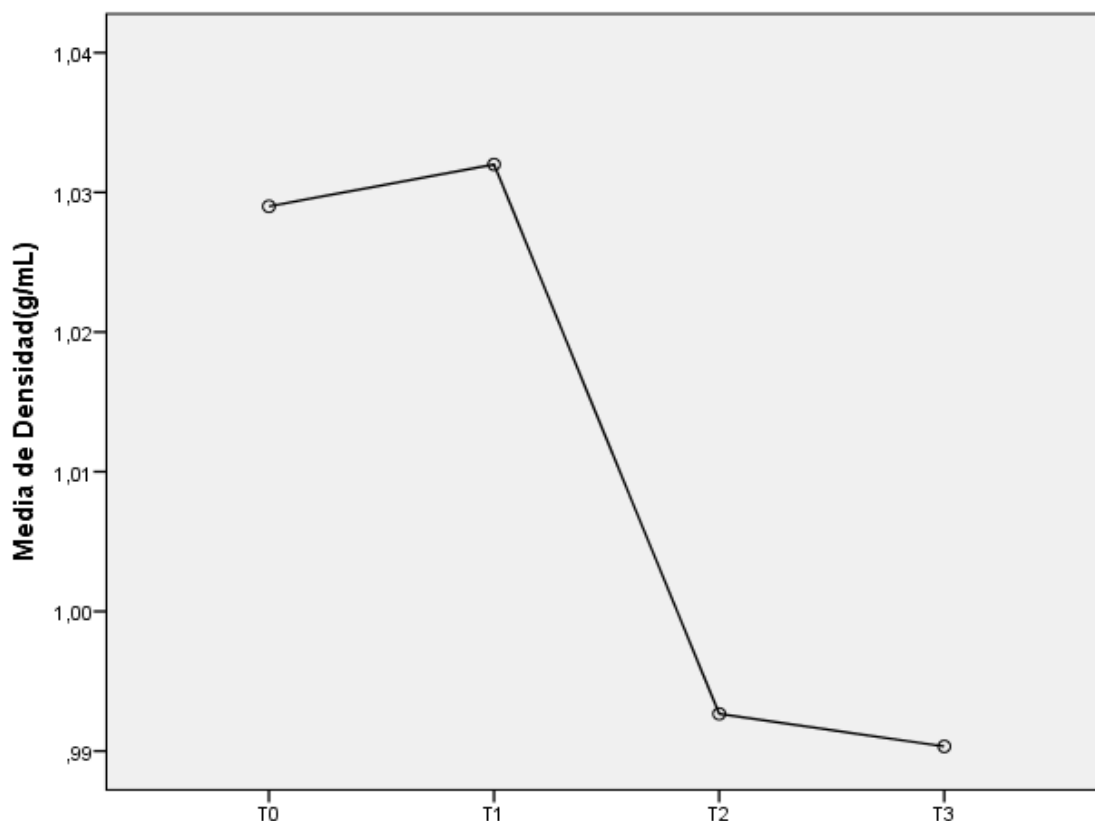


Figura 3. Densidad (g/mL) para cada uno de los tratamientos del biol.

El análisis de la densidad del biol producido a partir de los lechos del tallo de plátano muestra diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento testigo (T0), que no contenía lechos de plátano, presentó una densidad promedio de 1.029 g/mL. En comparación, el biol elaborado con los lechos de plátano de la variedad seda obtuvo la mayor densidad promedio, con 1.032 g/mL, lo que sugiere una mayor concentración de sólidos disueltos, posiblemente debido a una fermentación más eficiente y una mayor disponibilidad de nutrientes. Por su parte, los bioles preparados con los lechos de las variedades Moquicho e Inguiri presentaron densidades promedio de 0.9923 g/mL y 0.9900 g/mL, respectivamente, siendo inferiores a la densidad del testigo. Esto podría deberse a una menor cantidad de materia orgánica disponible o a una fermentación menos efectiva.

El biol con lechos de la variedad Seda mostró una mejor calidad en términos de densidad, lo que sugiere una mayor riqueza nutricional en comparación con los demás tratamientos y el testigo sin lechos.

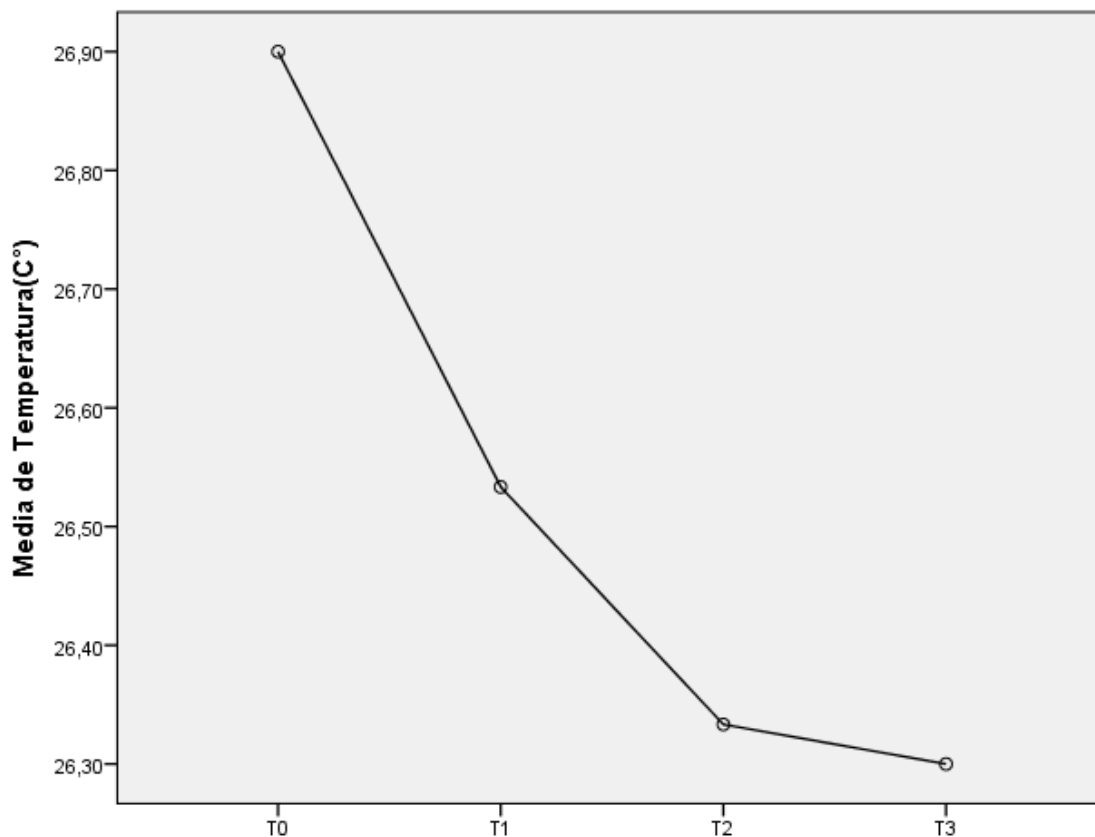


Figura 4. T(°C) para cada tratamiento del biol.

El análisis de la temperatura de las muestras de biol evidencia una ligera variabilidad entre el tratamiento testigo (T0) y los bioles elaborados con lechos de tallo de plátano de las variedades seda, Moquicho e Inguiri.

El T0, que no contenía lecho de plátano, presentó una temperatura promedio de 26.9 °C, siendo la más alta entre todas las muestras. La variedad seda mostró un promedio de 26.53 °C, lo que refleja una leve disminución en comparación con el testigo, posiblemente debido a la actividad metabólica de los microorganismos durante la fermentación. Por su parte, el biol con lechos de Moquicho registró una temperatura promedio de 26.33 °C, mientras que la variedad Inguiri mantuvo una temperatura constante de 26.3 °C en todas sus repeticiones. La estabilidad térmica observada en las muestras sugiere que el proceso fermentativo ocurrió de manera adecuada y dentro del rango óptimo para la producción de biol, dado que temperaturas cercanas a 26 °C favorecen la actividad microbiana.

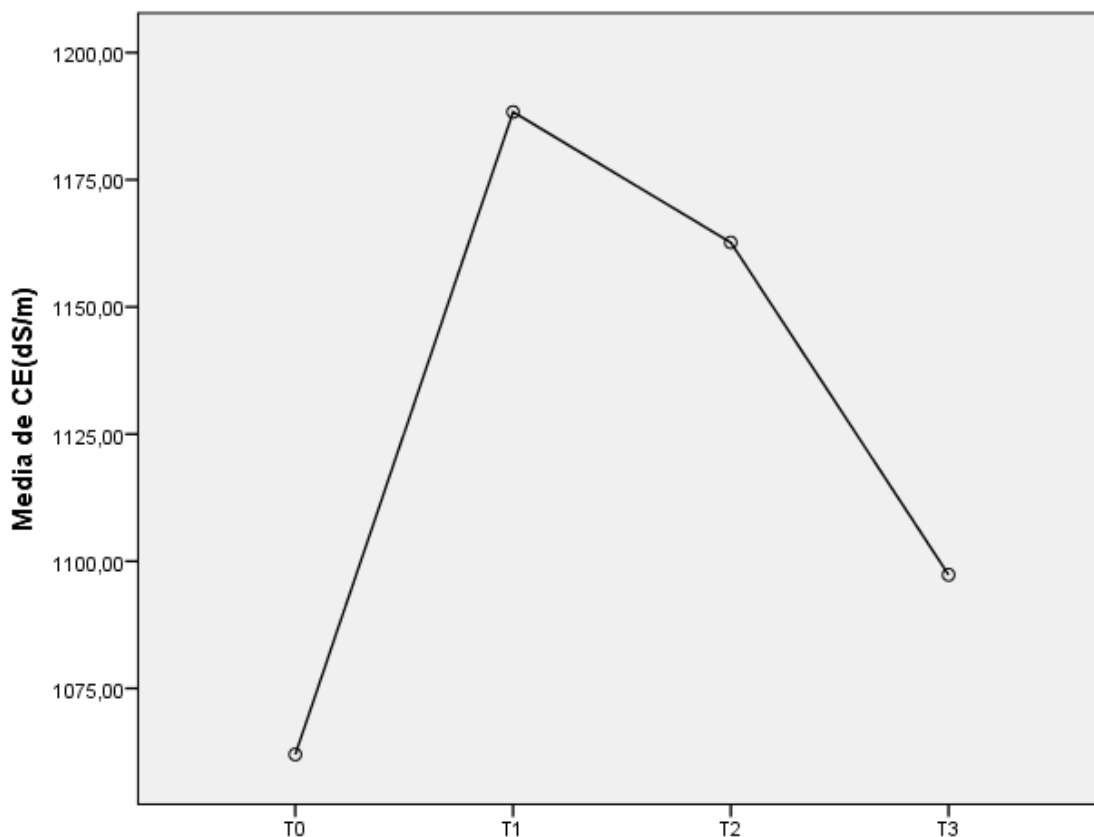


Figura 5. Conductividad eléctrica(dS/m) para cada tratamiento del biol.

El análisis de la conductividad eléctrica (CE) de las muestras de biol revela diferencias significativas entre el testigo (T0) y los tratamientos elaborados con lechos de tallo de plátano.

El T0, que no incluyó lechos, presentó una CE de 1062 dS/m, siendo el valor más bajo del conjunto. Esto sugiere una menor concentración de sales solubles en comparación con los tratamientos con lechos. En el biol producido con lechos de la variedad seda, se obtuvo el promedio más alto de CE con 1188.33 dS/m, lo que indica una mayor cantidad de nutrientes iónicos disponibles, posiblemente debido a una mayor liberación de compuestos minerales durante la fermentación. La variedad Moquicho mostró una CE promedio de 1162.67 dS/m, reflejando una concentración de sales ligeramente inferior a la de seda, pero aún superior al testigo. El biol elaborado con lechos de Inguiri presentó un promedio de 1097.33 dS/m, lo que implica una menor liberación de minerales en comparación con las otras variedades, aunque sigue superando al T0.

Estos resultados evidencian que la incorporación de lechos de plátano incrementó significativamente la CE, favoreciendo la presencia de nutrientes esenciales para el suelo, lo que potencialmente mejora su fertilidad.

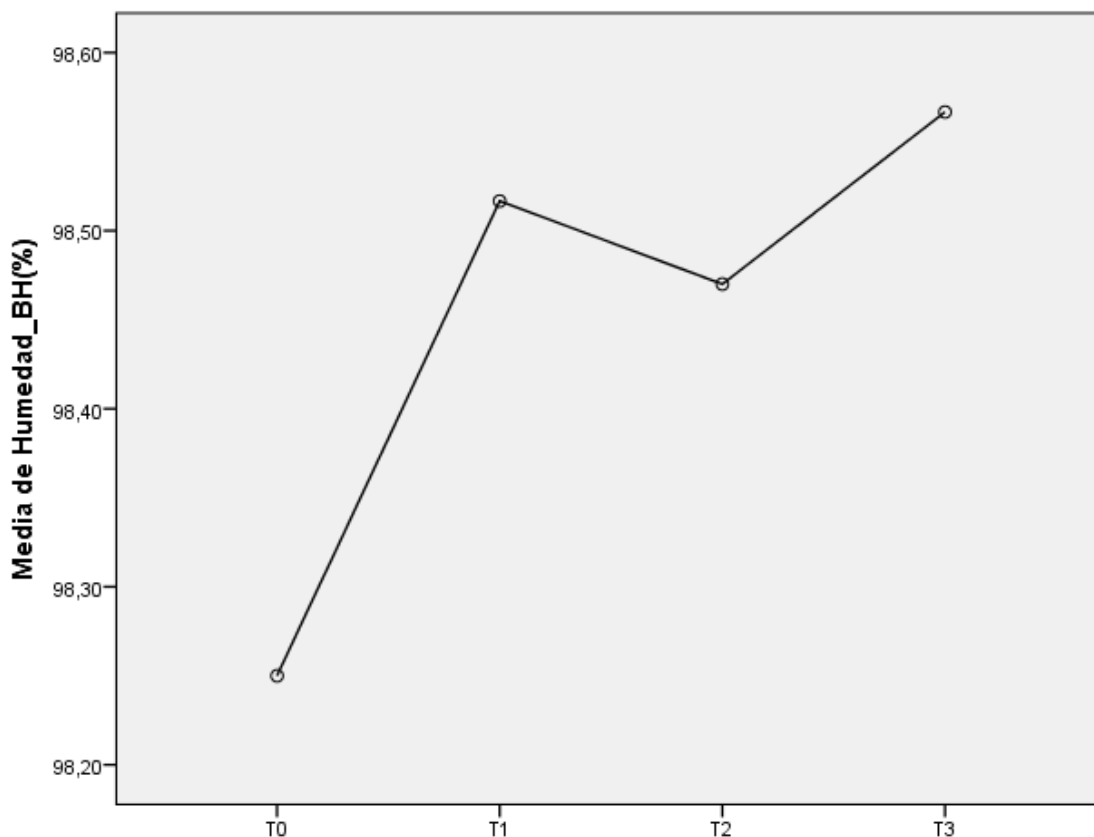


Figura 6. Humedad Hd (%) para cada tratamiento del biol.

El análisis del porcentaje de humedad (Hd) en las muestras de biol muestra una variación mínima entre el testigo (T0) y los tratamientos con lechos de plátano, lo que indica que el proceso de fermentación mantuvo condiciones similares de retención de agua.

El T0, que no contiene lechos, presentó una humedad del 98.251%, valor ligeramente inferior a los tratamientos con lechos. El biol con lechos de la variedad seda registró un promedio de humedad del 98.513%, siendo el valor más alto entre las variedades, lo que sugiere una mayor capacidad de retención de agua, probablemente debido a las características estructurales de sus tejidos. La variedad Moquicho presentó un promedio de 98.472%, mientras que el biol con lechos de Inguiri mostró un valor promedio de 98.569%, evidenciando diferencias poco significativas entre estas variedades.

La inclusión de lechos de plátano incrementó ligeramente el porcentaje de humedad en comparación con el testigo, lo que podría beneficiar la actividad microbiana en el suelo al mantener una mayor disponibilidad de agua.

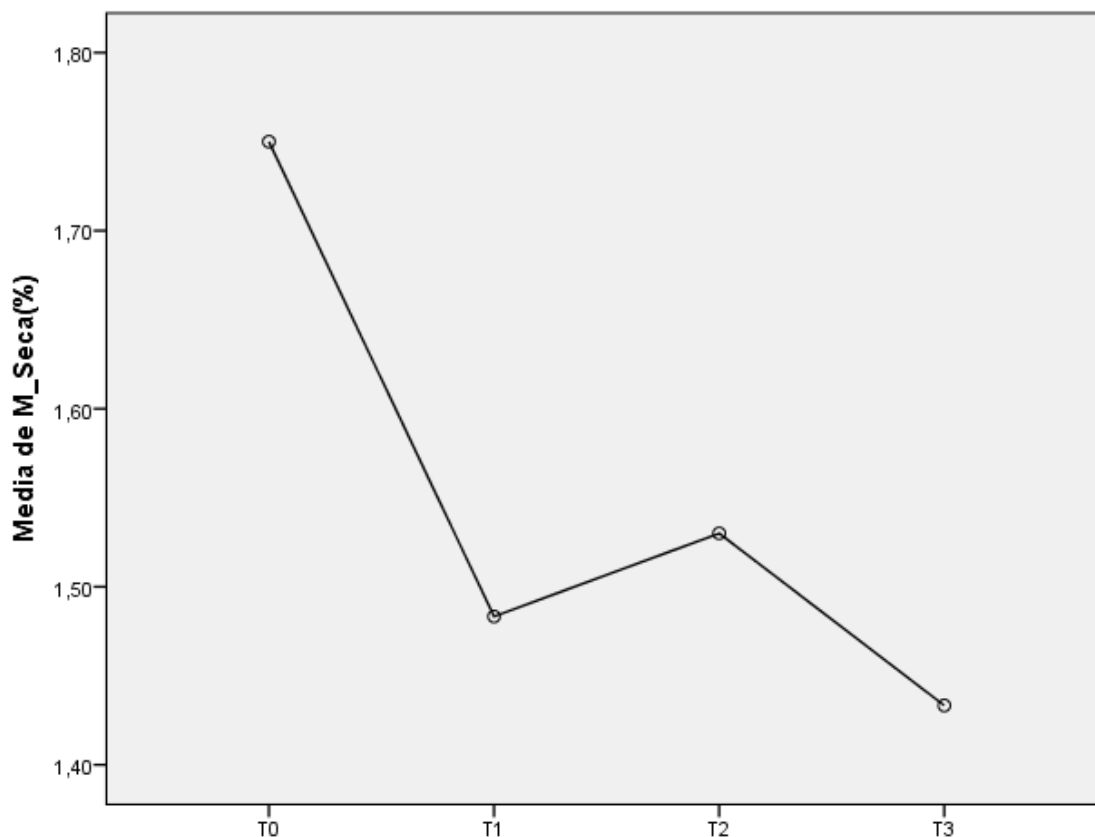


Figura 7. Materia seca (%) para cada tratamiento del biol.

El análisis del porcentaje de materia seca en las muestras de biol revela una disminución en los tratamientos con lechos de plátano en comparación con el testigo (T0).

El T0, sin lechos de plátano, presentó un valor del 1.749%, lo que indica que al no haber materiales orgánicos adicionales, el contenido de sólidos es mayor. En cuanto a los tratamientos, el biol con lechos de la variedad seda mostró un promedio de 1.487%, siendo el más bajo entre las variedades. Este resultado podría deberse a una mayor descomposición de la materia orgánica durante la fermentación. La variedad Moquicho obtuvo un promedio de 1.528%, mientras que el biol con lechos de Inguiri alcanzó un 1.431%. Estas diferencias, aunque sutiles, sugieren que las propiedades físicas del material vegetal influyen en la cantidad de sólidos remanentes después del proceso de fermentación.

La adición de lechos de plátano disminuyó el porcentaje de materia seca en el biol, lo que puede estar asociado a una mayor actividad microbiana y descomposición de la materia orgánica.

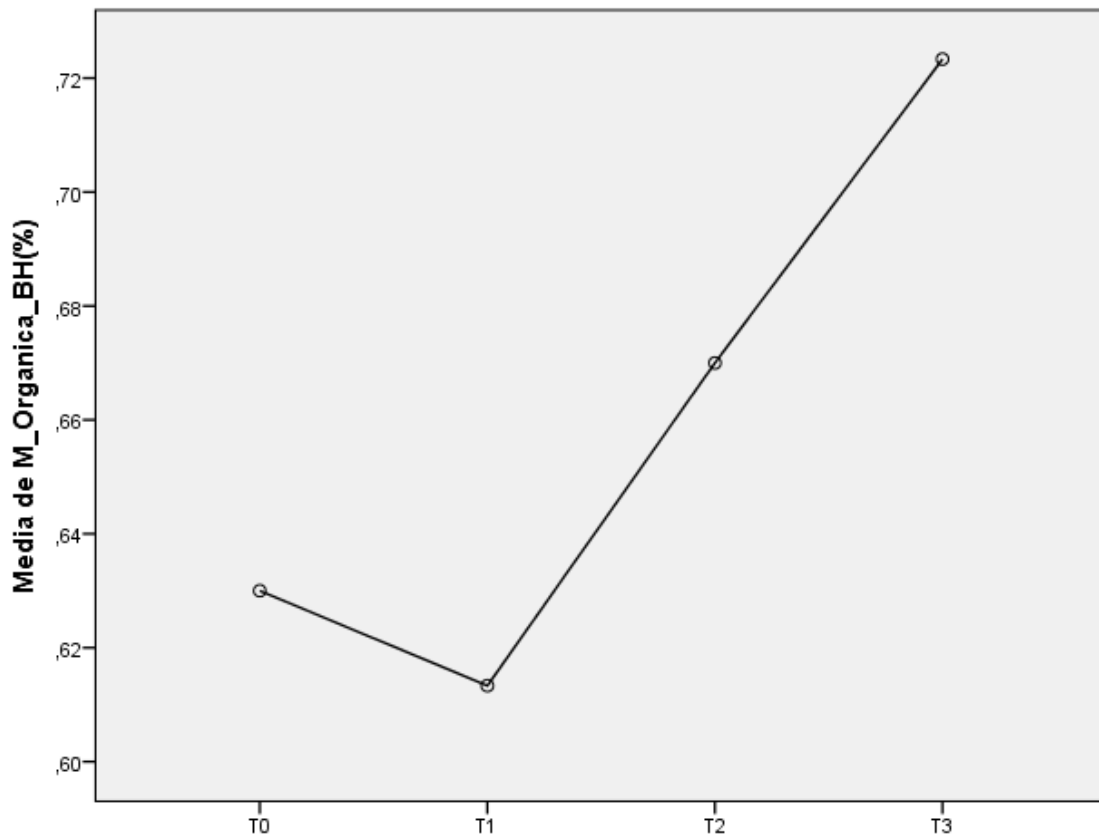


Figura 8. Materia orgánica (%) para cada tratamiento del biol (En base húmeda).

El análisis del porcentaje de materia orgánica en las muestras de biol evidencia variaciones significativas entre las variedades de plátano utilizadas y el testigo (T0). El testigo, sin lechos de plátano, presentó un valor de 0.632%, lo que refleja el contenido base de materia orgánica sin la incorporación de residuos vegetales. En cuanto a los tratamientos, el biol con lechos de la variedad seda registró un promedio de 0.614%, mostrando un valor cercano al testigo, lo que sugiere una actividad de descomposición eficiente. La variedad Moquicho alcanzó un promedio de 0.671%, lo que indica una mayor presencia de materia orgánica, posiblemente debido a una menor descomposición o a la composición particular de los lechos de esta variedad. Por su parte, el biol con lechos de Inguiri presentó el valor más elevado, con un promedio de 0.724%, lo que podría estar relacionado con una mayor resistencia a la descomposición o una mayor concentración de compuestos orgánicos recalcitrantes.

La incorporación de lechos de plátano incrementó el contenido de materia orgánica respecto al testigo, siendo el biol con lechos de Inguiri el que mostró el mayor aumento.

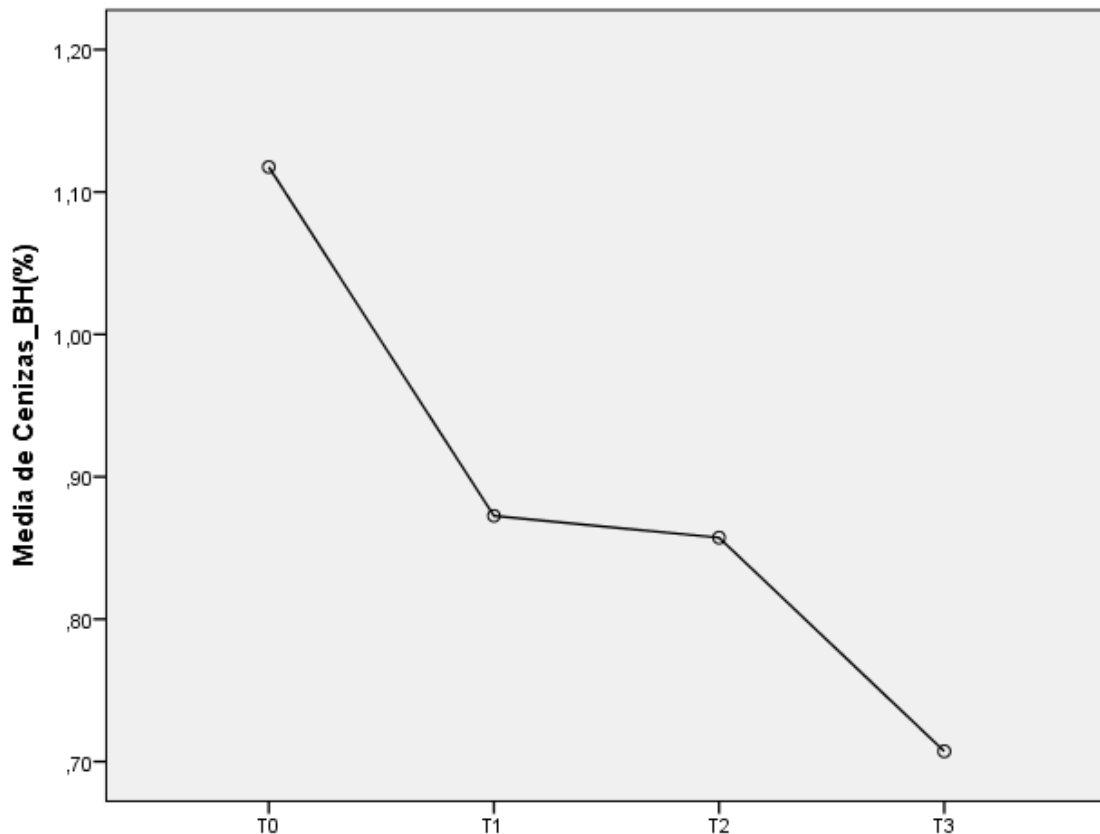


Figura 9. Cenizas (%) para cada tratamiento del biol (En base húmeda).

El testigo (T0), que no contenía lechos de plátano, presentó un porcentaje de cenizas de 1.118%, lo que representa el nivel base de minerales presentes sin la influencia de material vegetal adicional. En las muestras tratadas, el biol con lechos de la variedad seda mostró un promedio de 0.872%, evidenciando una ligera disminución respecto al testigo, lo que sugiere una mayor proporción de materia orgánica en relación con los minerales. El biol con lechos de la variedad Moquicho presentó un promedio de 0.857%, manteniendo una tendencia similar a seda, con una menor acumulación de cenizas. Por su parte, el biol con lechos de Inguiri tuvo el valor más bajo, con un promedio de 0.707%, lo que sugiere una mayor actividad microbiana que pudo haber transformado una mayor cantidad de compuestos minerales.

Estos resultados indican que el uso de lechos de plátano en la preparación del biol disminuyó el porcentaje de cenizas en comparación con el testigo, siendo la variedad Inguiri la que mostró el mayor impacto en esta reducción

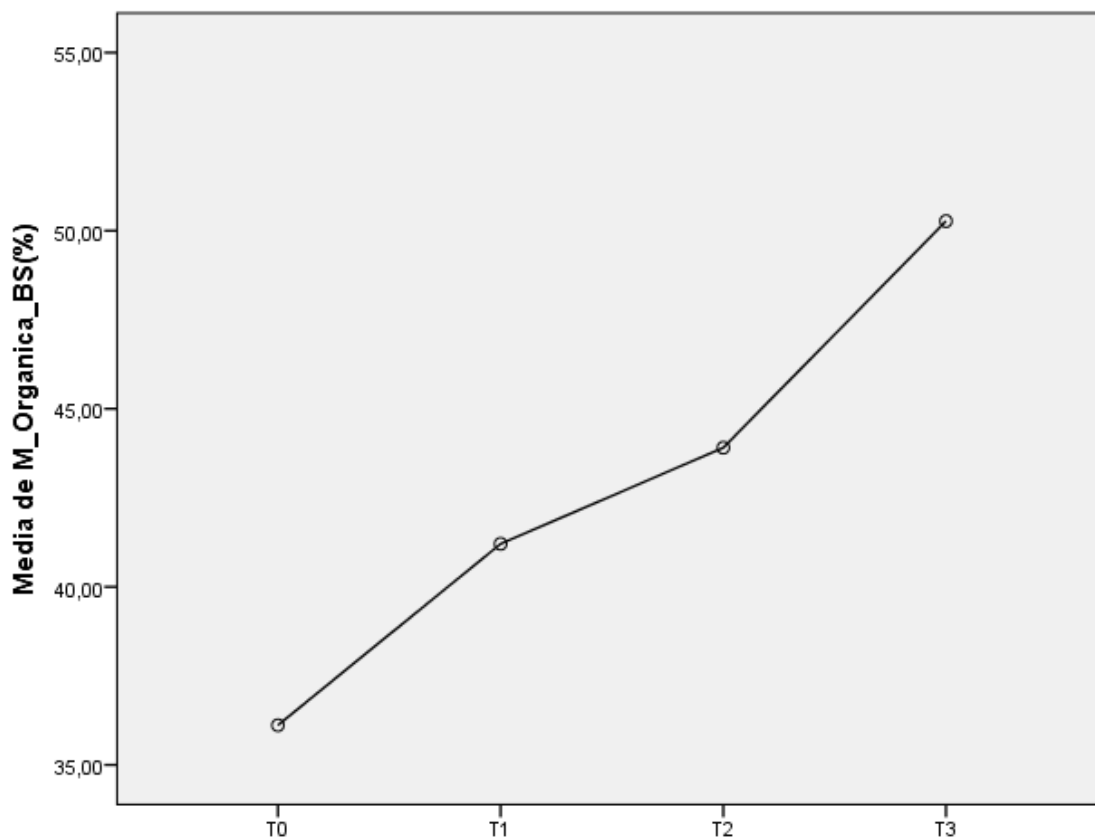


Figura 10. Materia orgánica (%) para cada tratamiento del biol (En base seca).

El biol sin adición de lechos (T0) presentó un contenido de materia orgánica del 36.11%. Por su parte, el biol elaborado con lechos de la variedad seda alcanzó un promedio de 41.87%, lo que representa un incremento moderado respecto al testigo. Este aumento sugiere una mayor incorporación de compuestos orgánicos provenientes de la descomposición del lecho del tallo de plátano. En el caso del biol con lechos de Moquicho, se observó un promedio de 43.91%, mostrando una mejora más significativa en el contenido de materia orgánica en comparación con T0 y seda. Este resultado indica una mayor disponibilidad de compuestos orgánicos, lo que podría deberse a una descomposición más eficiente de este tipo de lecho. La mayor concentración de materia orgánica se registró en el biol proveniente de los lechos de Inguiri, con un promedio de 50.27%. Este valor refleja una descomposición óptima y una mayor liberación de compuestos orgánicos, lo que sugiere que esta variedad tiene un mayor potencial para enriquecer el biol en términos de materia orgánica.

La adición de lechos de plátano aumentó el contenido de materia orgánica del biol, siendo el tratamiento con lechos de Inguiri el más eficiente, lo que podría favorecer la

mejora de las propiedades del suelo al incrementar la disponibilidad de carbono orgánico para la actividad microbiana.

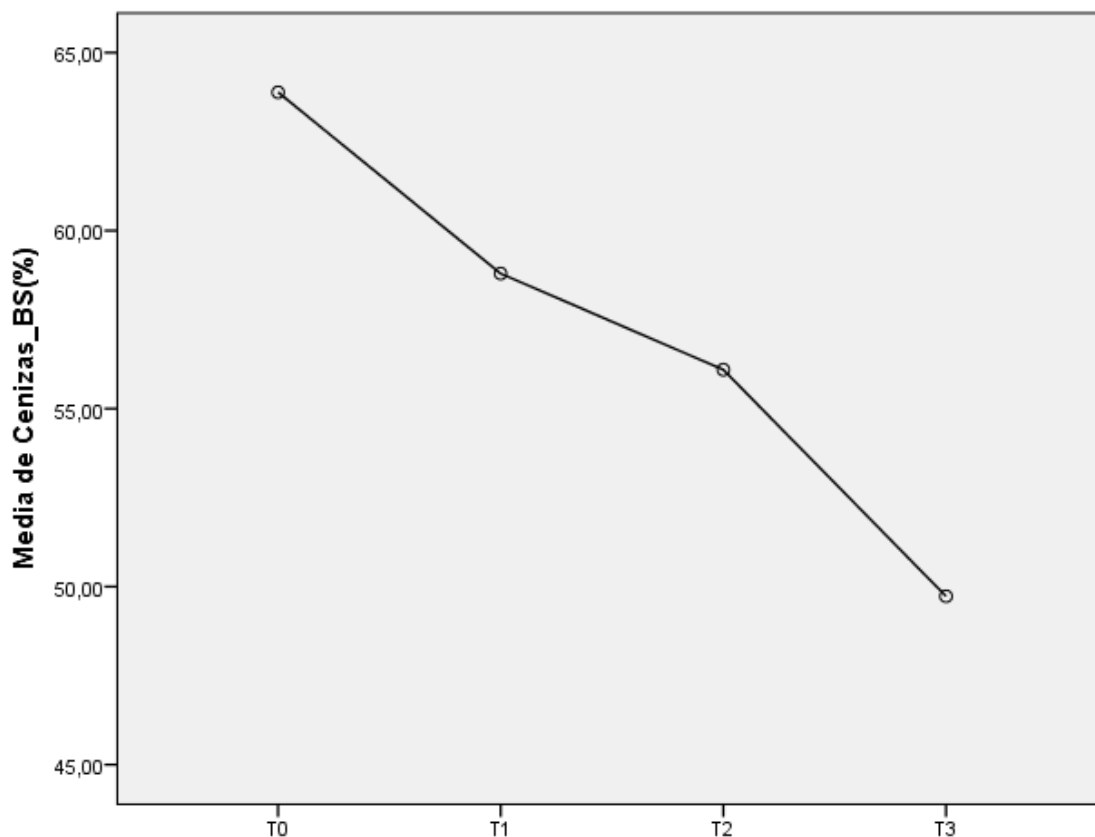


Figura 11. Cenizas (%) para cada tratamiento del biol (En base seca).

El análisis del contenido de cenizas en las muestras de biol refleja una variabilidad en función de las variedades de plátano utilizadas como lecho. La muestra testigo (T0), sin adición de lechos, presentó un contenido de cenizas del 63.89%, lo que indica una composición más rica en minerales inorgánicos en comparación con los tratamientos que incluyeron lechos de plátano. En el biol elaborado con lechos de seda, se registró un promedio de 58.13%, lo que representa una disminución respecto al testigo. Esto sugiere una mayor presencia de materia orgánica, probablemente derivada de la descomposición del lecho de esta variedad. Por su parte, el biol con lechos de Moquicho presentó un contenido promedio de cenizas del 56.76%, lo que confirma una tendencia similar a la de seda, con una reducción en la cantidad de compuestos minerales y una mayor proporción de materia orgánica. Finalmente, el biol elaborado con lechos de Inguri registró el contenido más bajo de cenizas, con un promedio del 49.73%. Este valor sugiere que esta variedad favoreció una mayor acumulación de compuestos orgánicos y una menor presencia de residuos minerales.

La adición de lechos de plátano al biol disminuyó el contenido de cenizas, siendo el tratamiento con lechos de Inguiri el que presentó la mayor reducción, lo que podría estar asociado a una mayor actividad microbiana y una mejor descomposición de la materia orgánica.

4.2. Evaluación de las propiedades químicas del biofermento a partir de residuos agrícolas de *Musa paradisiaca* (plátano).

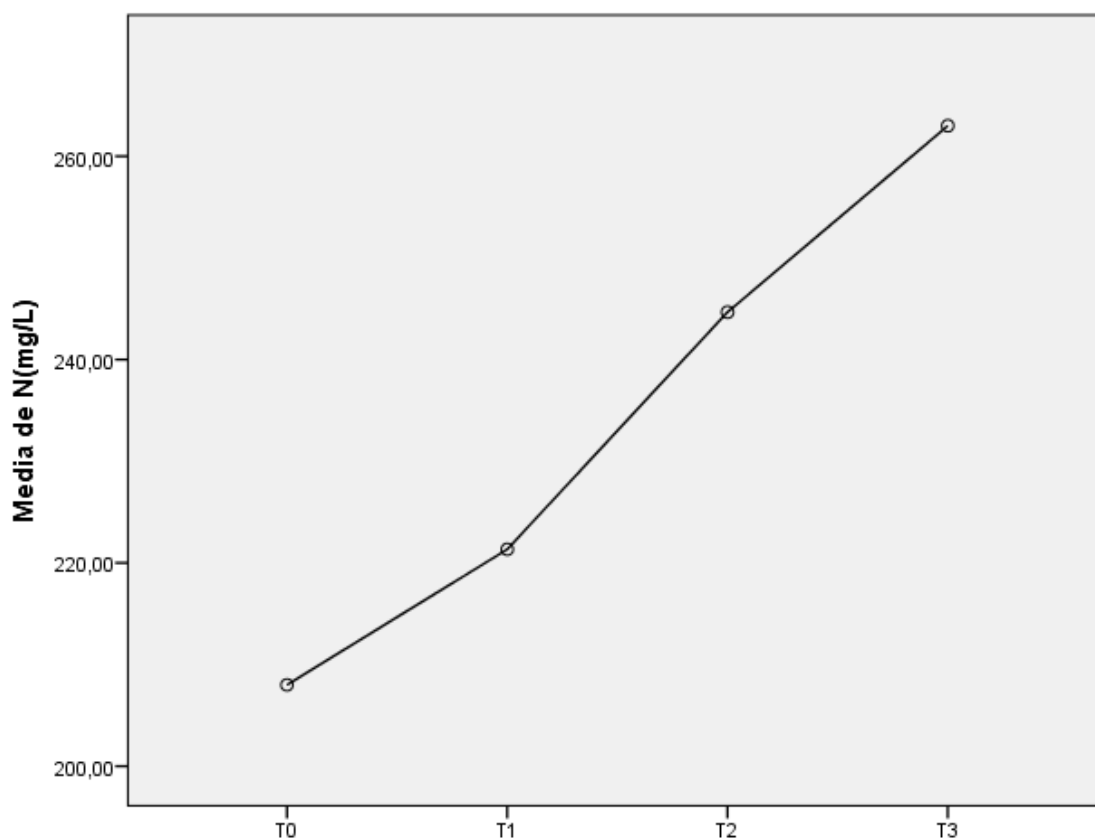


Figura 12. Nitrógeno N (mg/L) para cada tratamiento del biol.

El biol elaborado con lechos de plátano de la variedad seda presentó un promedio de 221.33 mg/L, lo que refleja un ligero aumento respecto al testigo. Este incremento podría estar relacionado con la descomposición de materia orgánica proveniente del lecho del tallo, que libera nitrógeno en formas asimilables. En el caso del biol con lechos de Moquicho, se observó un promedio de 244.67 mg/L, lo que indica un aumento más pronunciado en comparación con T0 y seda. Este resultado sugiere que el lecho de Moquicho aportó una mayor cantidad de nitrógeno, posiblemente debido a una mayor actividad microbiana o una composición orgánica más rica en compuestos nitrogenados. Finalmente, el biol obtenido a partir de los lechos de la variedad Inguiri registró el mayor

contenido de nitrógeno, con un promedio de 263 mg/L. Este valor destaca la eficiencia de esta variedad en el aporte de nitrógeno, lo que podría deberse a una descomposición más eficiente de su material orgánico y a un mayor contenido inicial de nitrógeno en el lecho.

El contenido de nitrógeno aumentó en todos los tratamientos con lechos de plátano en comparación con el testigo, siendo la variedad Inguiri la que mostró el mayor incremento, lo que la convierte en una opción potencialmente más eficiente para mejorar el contenido nitrogenado del biol.

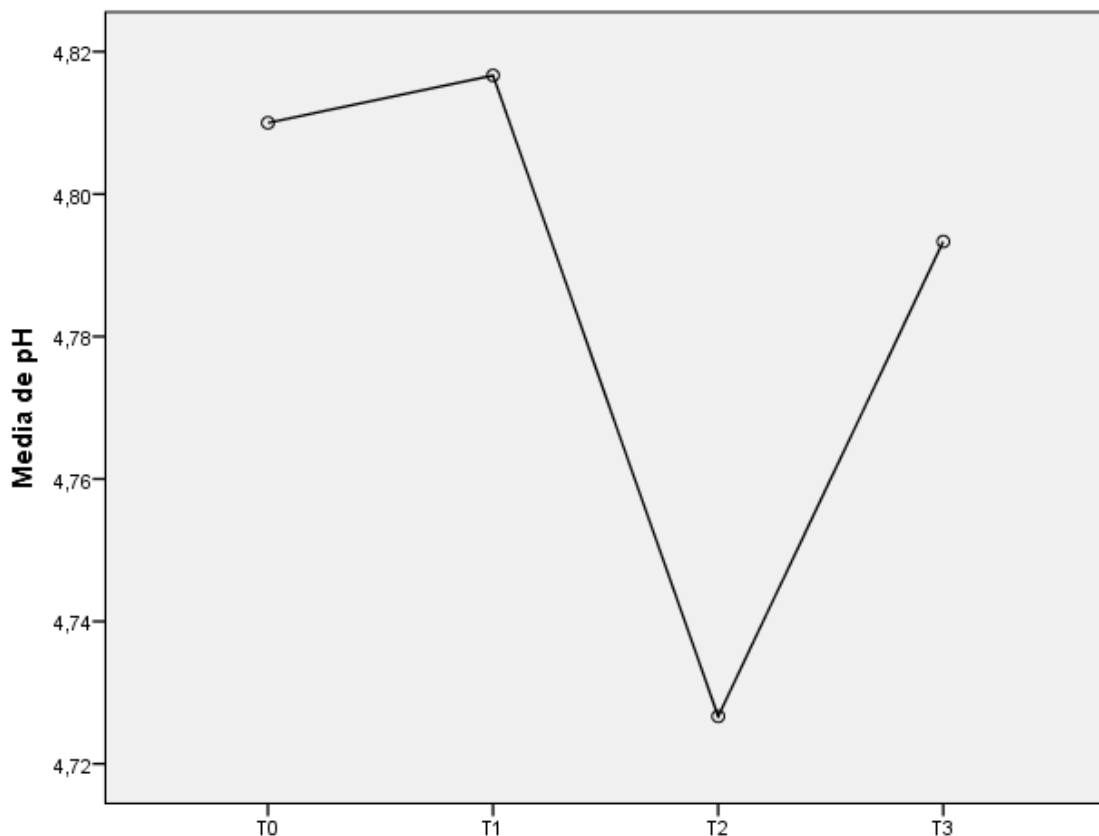


Figura 13. Ph para cada tratamiento del biol.

El análisis del pH en el biol producido a partir de los lechos del tallo de plátano revela diferencias notables entre las variedades y el tratamiento testigo (T0), que no contenía lechos de plátano.

El pH promedio del T0 fue de 4.810, lo que representa un valor ligeramente ácido, adecuado para la mayoría de los procesos biológicos asociados a biofertilizantes. La variedad seda presentó un pH promedio de 4.817, similar al testigo, lo que sugiere que este lecho mantuvo un equilibrio adecuado en la fermentación. Por otro lado, el biol con lechos de la variedad Moquicho mostró un pH promedio de 4.727, evidenciando una

mayor acidez en comparación con los demás tratamientos. Esta acidez podría estar relacionada con una mayor producción de ácidos orgánicos durante la fermentación. La variedad Inguiri registró un pH promedio de 4.793, manteniéndose en un rango intermedio entre las otras dos variedades.

El pH del biol se mantuvo dentro de un rango ligeramente ácido en todas las muestras, lo que favorece la actividad microbiológica y la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Sin embargo, la variedad Moquicho presentó una acidez más pronunciada, lo que podría influir en su capacidad como biofertilizante en suelos con pH bajo.

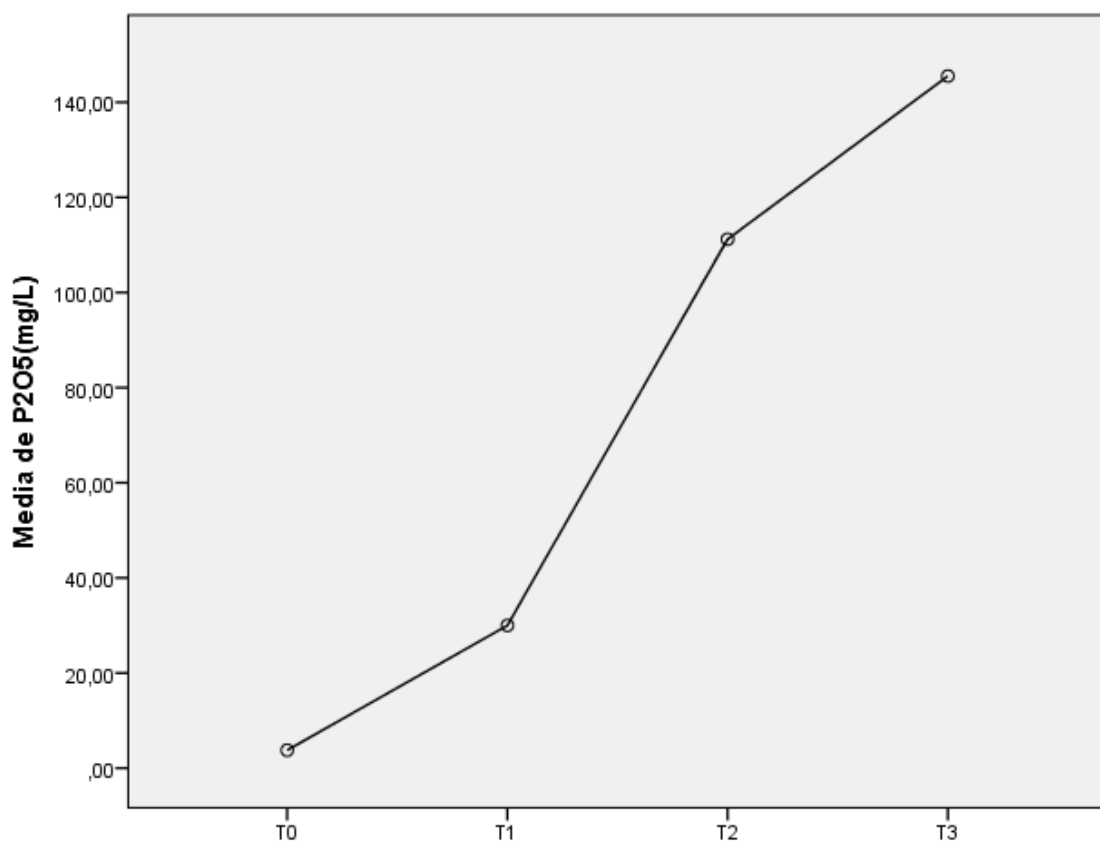


Figura 14. P₂O₅ (mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de P₂O₅ (fosfato de pentóxido) en las muestras de biol revela un incremento significativo en comparación con el testigo (T0), lo que sugiere que la adición de lechos de plátano favoreció la disponibilidad de fósforo en el biol. La muestra testigo (T0) presentó un valor de 3.76 mg/L, representando el nivel base sin influencia de los lechos de plátano. En el tratamiento con lechos de seda, los valores oscilaron entre 27.96 y 31.15 mg/L, con un promedio de 30.00 mg/L. Este aumento en el fósforo disponible podría deberse a la descomposición eficiente del material orgánico de

esta variedad. El biol elaborado con lechos de Moquicho mostró un incremento considerable, alcanzando un promedio de 111.21 mg/L, lo que refleja una mayor liberación de fósforo, probablemente por la composición de este material que favoreció su mineralización. Por último, el biol con lechos de Inguiri presentó los valores más elevados, con un promedio de 145.51 mg/L, lo que sugiere una mayor capacidad de esta variedad para aportar fósforo al biol, un nutriente esencial para el desarrollo radicular y procesos metabólicos de las plantas.

Este incremento progresivo en los tratamientos puede estar relacionado con las diferencias en la composición química y la tasa de descomposición de los lechos de plátano, lo que resalta el potencial del uso de Inguiri para la elaboración de bioles con mayor contenido de fósforo disponible.

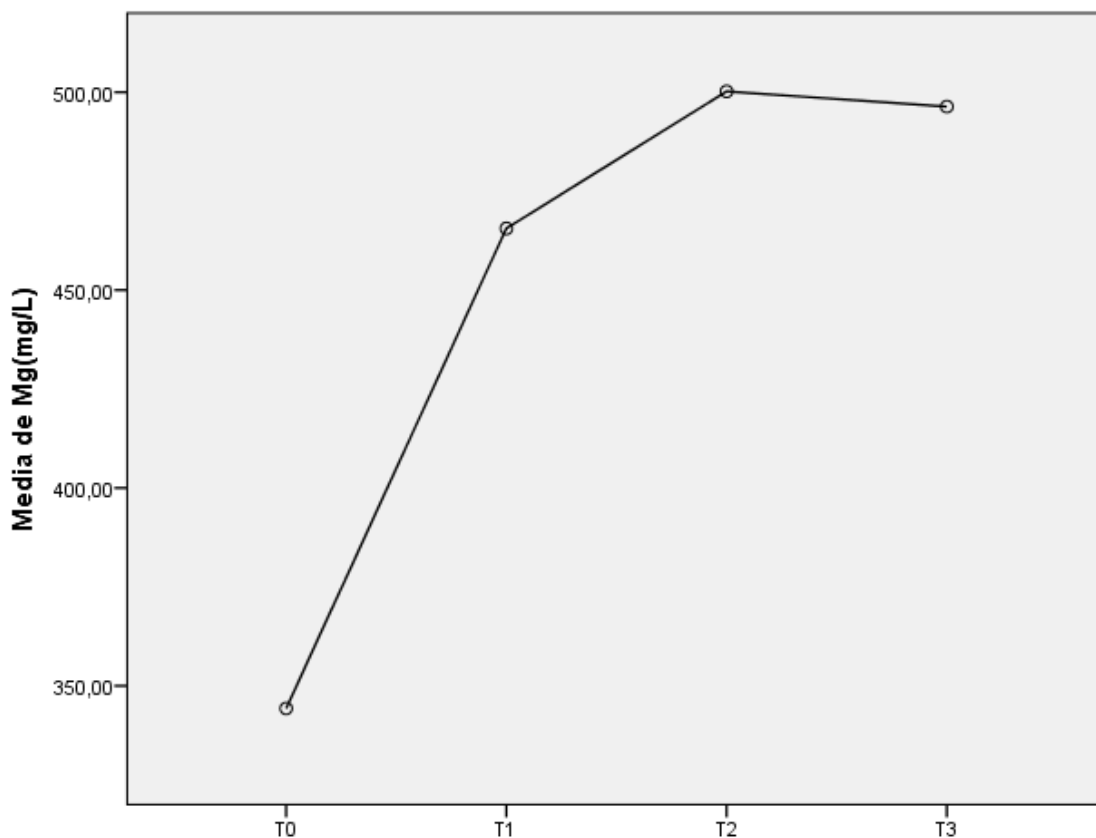


Figura 15. Magnesio (mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de magnesio (Mg) en las muestras de biol muestra una variación significativa entre el testigo (T0) y los tratamientos que incluyen lechos de plátano, evidenciando un incremento en este nutriente esencial para la fotosíntesis y el metabolismo vegetal. La muestra testigo (T0) presentó un valor de 344.30 mg/L, lo que representa el contenido basal sin la incorporación de lechos de plátano. En las muestras

con lechos de la variedad seda, los valores oscilaron entre 454.98 y 479.20 mg/L, con un promedio de 465.58 mg/L, lo que indica un incremento notable respecto al testigo, sugiriendo una mayor liberación de magnesio durante la descomposición de este material. La variedad Moquicho presentó concentraciones ligeramente superiores, con un rango de 491.00 a 517.40 mg/L y un promedio de 500.20 mg/L, lo que refleja un proceso eficiente de liberación de este nutriente. Por su parte, las muestras con lechos de Inguiri mostraron una mayor estabilidad en sus valores, con un rango estrecho entre 495.90 y 496.75 mg/L y un promedio de 496.37 mg/L, indicando una liberación consistente de magnesio durante el proceso de fermentación.

Los resultados indican que la adición de lechos de plátano incrementó significativamente el contenido de magnesio en el biol, destacándose las variedades Moquicho e Inguiri por su mayor aporte de este nutriente.

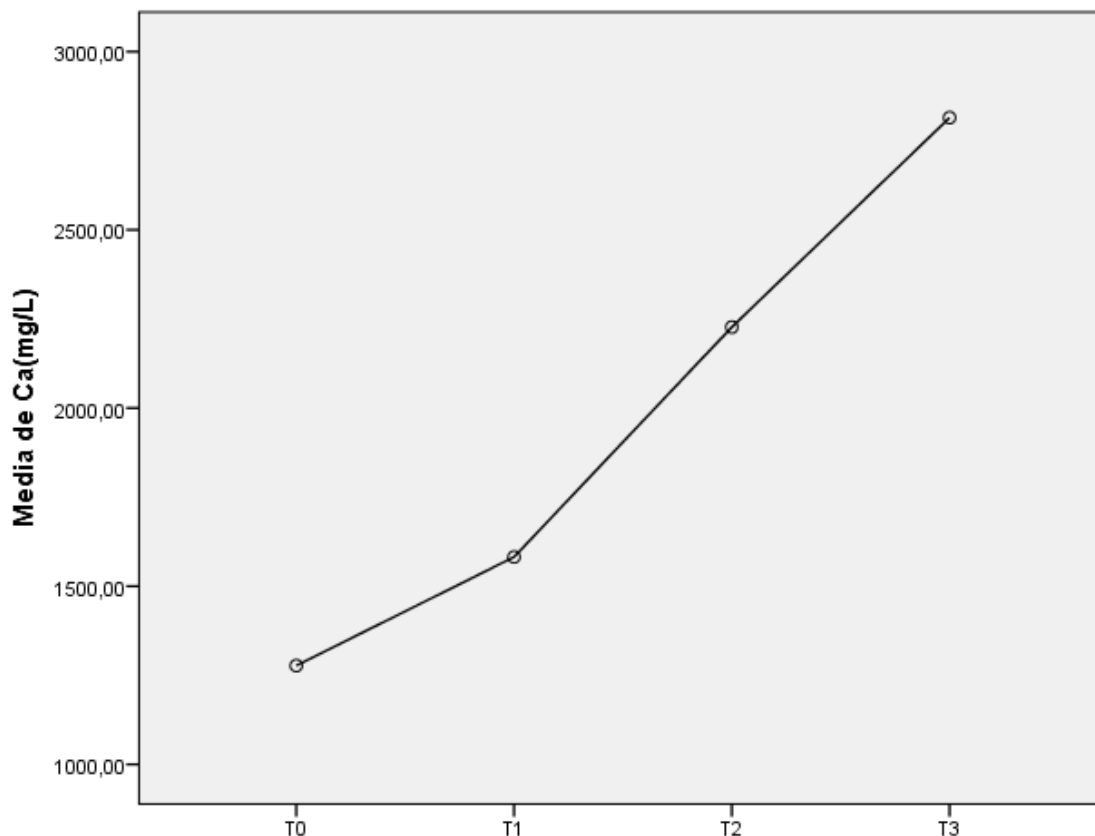


Figura 16. Calcio Ca (mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de calcio (Ca) en las muestras de biol revela un aumento significativo en comparación con el testigo (T0), lo que sugiere que la incorporación de lechos de plátano favoreció la disponibilidad de este nutriente, fundamental para la estructura celular y el desarrollo de las plantas. La muestra testigo (T0) presentó un valor

de 1277.00 mg/L, considerado como la base sin la adición de material orgánico fermentado. En las muestras provenientes de la variedad seda, el contenido de calcio varió entre 1545.25 y 1645.28 mg/L, con un promedio de 1581.92 mg/L, lo que representa un incremento moderado respecto al testigo, posiblemente debido a una liberación eficiente del mineral durante la fermentación del lecho del tallo. Por su parte, las muestras con lechos de Moquicho mostraron un incremento más pronunciado, con valores que oscilaron entre 2115.47 y 2329.35 mg/L y un promedio de 2227.13 mg/L, lo que evidencia una capacidad significativa de este material para liberar calcio al medio. Finalmente, las muestras de Inguiri presentaron las mayores concentraciones de calcio, con valores que oscilaron entre 2698.52 y 2987.11 mg/L y un promedio de 2814.70 mg/L, lo que sugiere una mayor disponibilidad de este nutriente en comparación con las otras variedades.

Esto indica que el contenido de calcio en el biol se incrementó con la incorporación de lechos de plátano, siendo la variedad Inguiri la que presentó el mayor aporte, lo que podría beneficiar su aplicación en suelos con deficiencia de este nutriente.

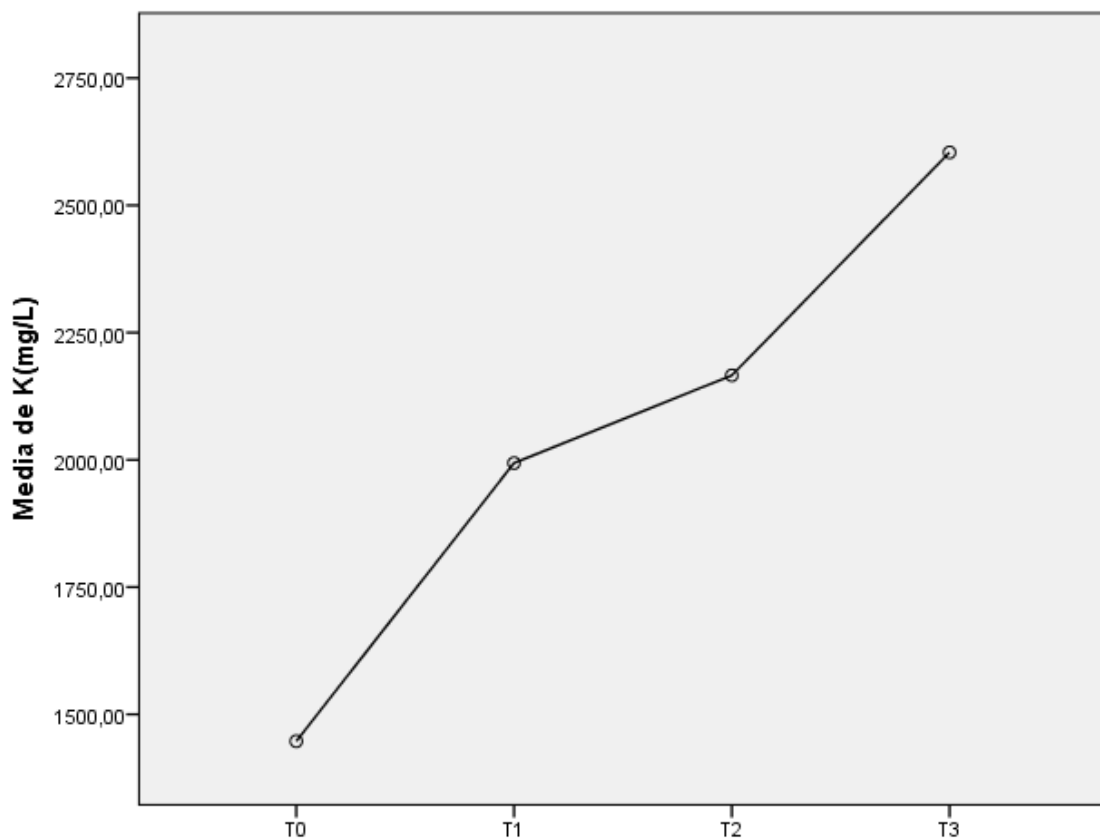


Figura 17. Potasio K(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de potasio (K) en las muestras de biol muestra una tendencia creciente en relación con el testigo (T0), lo que sugiere que el uso de lechos de plátano durante la fermentación incrementó significativamente la concentración de este macronutriente esencial para la actividad enzimática, la regulación osmótica y el desarrollo de frutos en las plantas. La muestra testigo (T0) presentó un valor de 1447.15 mg/L, estableciendo una referencia sin adición de material orgánico. En las muestras provenientes de la variedad seda, se registraron valores entre 1888.95 y 2079.75 mg/L, con un promedio de 1993.77 mg/L, lo que representa un incremento notable respecto al testigo, evidenciando que el lecho de esta variedad liberó una cantidad significativa de potasio durante el proceso fermentativo. Por otro lado, las muestras de Moquicho presentaron concentraciones que oscilaron entre 2148.77 y 2195.85 mg/L, alcanzando un promedio de 2165.96 mg/L, lo que sugiere una mayor capacidad del lecho de esta variedad para aportar potasio en comparación con la variedad seda. Finalmente, las muestras con lecho de Inguiri fueron las que registraron los valores más altos, con concentraciones que variaron entre 2411.56 y 2747.15 mg/L, alcanzando un promedio de 2604.05 mg/L, lo que resalta su elevado potencial para mejorar la disponibilidad de potasio en el biol.

Estos resultados muestran que todas las variedades de lechos de plátano aumentaron la concentración de potasio en el biol, siendo la variedad Inguiri la que presentó la mayor liberación de este nutriente, lo que podría traducirse en una mejor respuesta del cultivo ante necesidades de potasio, especialmente en suelos con carencias de este elemento.

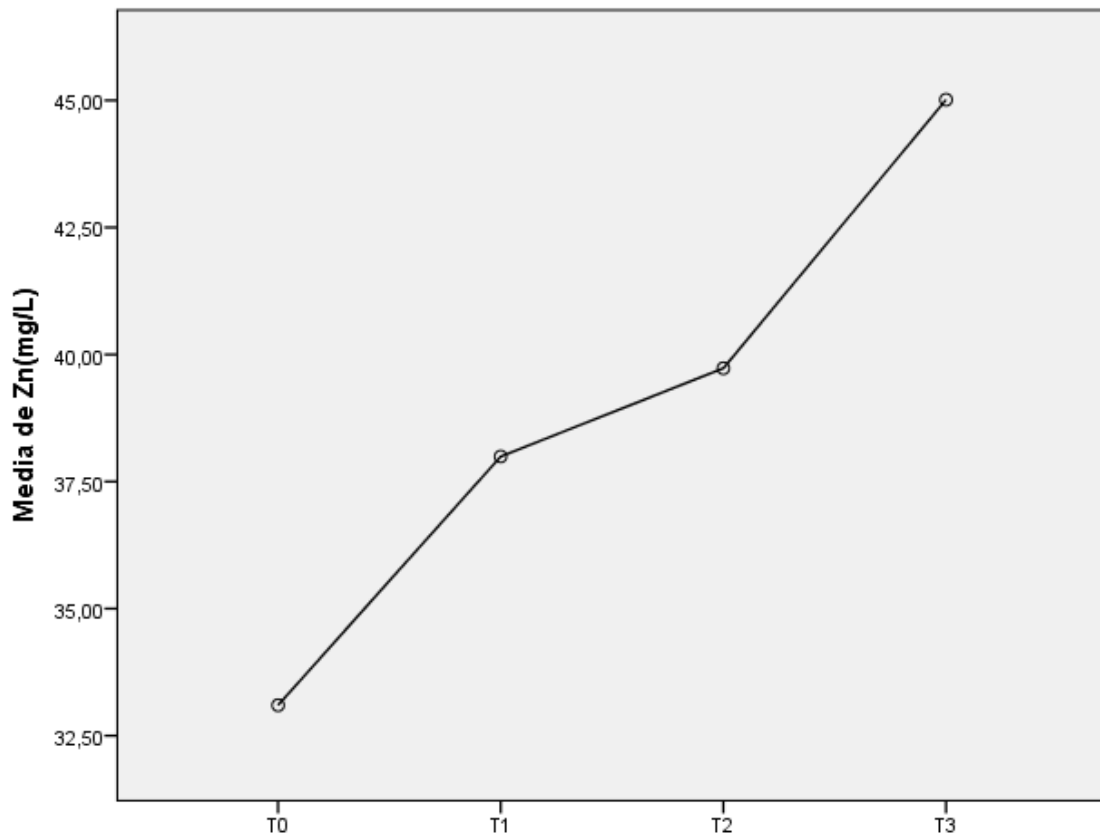


Figura 18. Zinc Zn(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de zinc (Zn) en las muestras de biol indica una mejora significativa en comparación con el testigo (T0), lo que sugiere que los lechos de plátano utilizados durante la fermentación contribuyeron al aumento de este micronutriente esencial para la síntesis de proteínas, la formación de hormonas de crecimiento y la resistencia al estrés biótico y abiótico en las plantas. El valor del testigo (T0) fue de 33.10 mg/L, sirviendo como referencia de un biol sin adición de material orgánico. En el caso de las muestras provenientes de la variedad seda, se registraron valores que fluctuaron entre 35.13 y 39.90 mg/L, alcanzando un promedio de 37.99 mg/L. Esto refleja un incremento moderado respecto al testigo, evidenciando que el lecho de esta variedad liberó una cantidad apreciable de zinc durante la fermentación. Las muestras de Moquicho presentaron concentraciones que oscilaron entre 38.13 y 41.70 mg/L, con un promedio de 39.73 mg/L. Este resultado sugiere que el lecho de Moquicho es más eficiente que el de seda en cuanto a la liberación de zinc. Por último, las muestras de Inguiri mostraron los valores más elevados, con concentraciones que variaron entre 42.37 y 47.08 mg/L, alcanzando un promedio de 44.35 mg/L. Esto sugiere que el lecho de esta variedad tiene un mayor potencial para incrementar la disponibilidad de zinc en el biol.

La adición del lecho incrementó el contenido de zinc respecto al testigo, siendo el lecho de Inguiri el que mostró el mayor aporte de este micronutriente, lo que podría ser beneficioso en suelos con deficiencia de zinc, dado su papel fundamental en la activación de enzimas y el desarrollo de estructuras vegetativas.

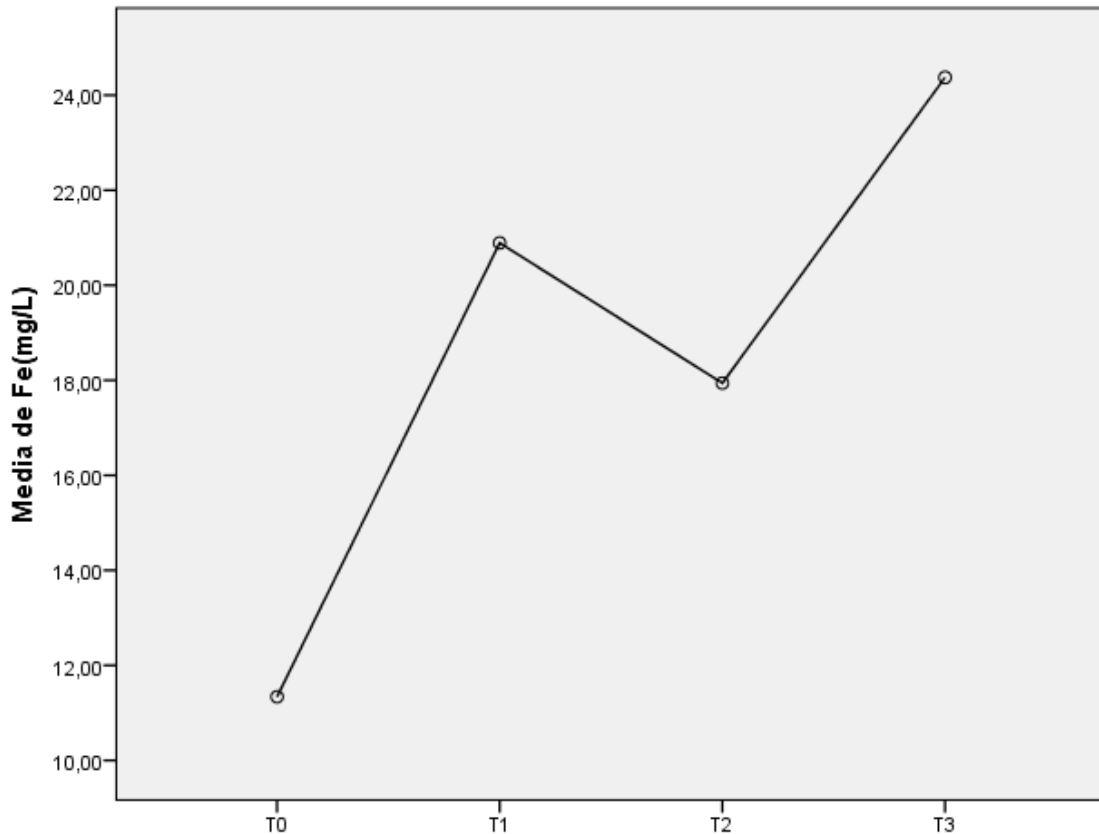


Figura 19. Hierro Fe(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis del contenido de hierro (Fe) en las muestras de biol muestra un incremento notable respecto al testigo (T0), lo que sugiere que la presencia de lechos de plátano durante la fermentación influyó en la disponibilidad de este micronutriente esencial para la fotosíntesis, la respiración celular y la formación de clorofila en las plantas.

El testigo (T0) presentó un valor de 11.34 mg/L, siendo la línea base para comparar los efectos de las diferentes variedades de plátano. En el caso de las muestras provenientes de la variedad seda, las concentraciones oscilaron entre 17.14 y 26.47 mg/L, con un promedio de 20.89 mg/L. Este aumento significativo indica que el lecho de esta variedad libera hierro de manera eficiente durante el proceso de fermentación. Las muestras de Moquicho presentaron valores comprendidos entre 17.27 y 18.44 mg/L, con un promedio de 17.94 mg/L. Aunque el incremento respecto al testigo fue moderado, se

observa una mayor estabilidad en las mediciones, lo que sugiere una liberación más constante del hierro. Por su parte, las muestras de Inguiri alcanzaron los valores más altos, con mediciones que variaron entre 21.72 y 25.83 mg/L, obteniendo un promedio de 24.37 mg/L. Estos resultados evidencian que el lecho de esta variedad tiene una capacidad destacada para incrementar el contenido de hierro en el biol.

Todas las variedades aumentaron significativamente el contenido de hierro respecto al testigo, siendo el lecho de Inguiri el que presentó el mayor incremento, lo que lo convierte en una opción favorable para suelos con deficiencia de hierro, debido a su importancia en la actividad enzimática y el metabolismo vegetal.

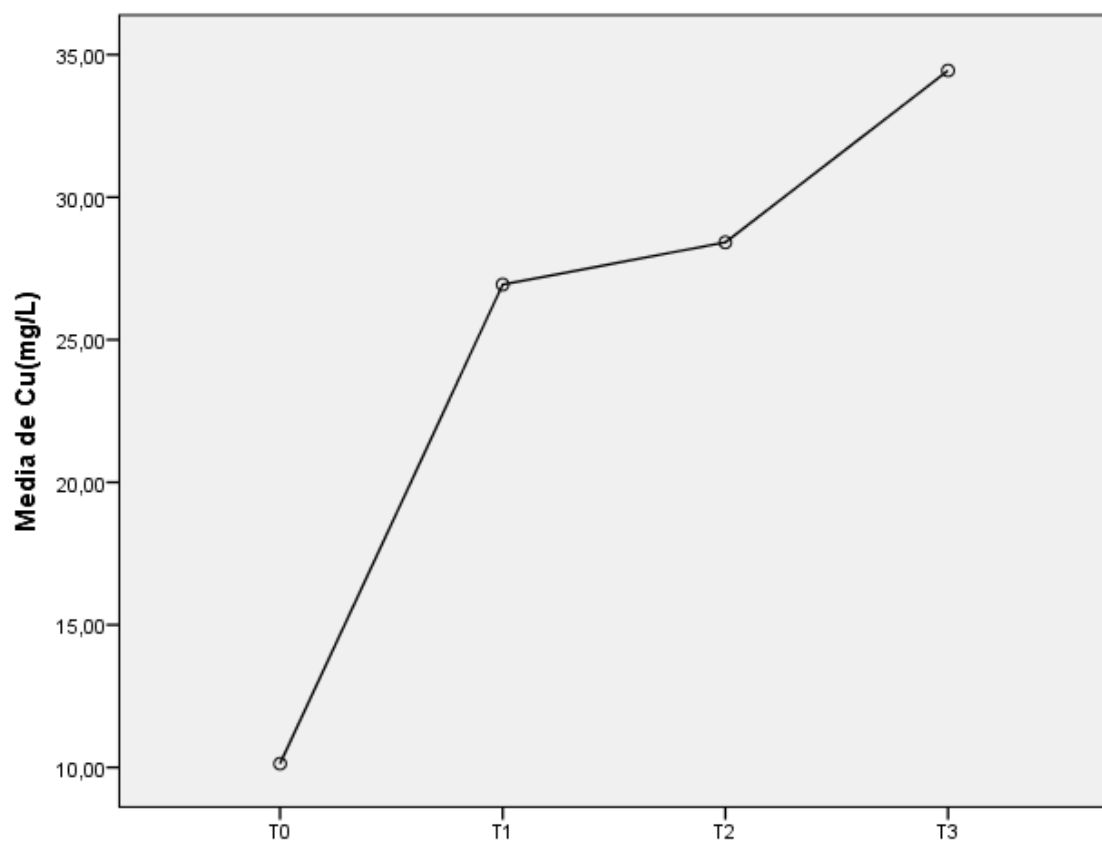


Figura 20. Cobre Cu(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis de las concentraciones de cobre (Cu) en las muestras de biol refleja una clara diferencia respecto al testigo (T0), lo que sugiere que el uso de lechos de plátano durante la fermentación incrementa la disponibilidad de este micronutriente esencial para las funciones enzimáticas y metabólicas de las plantas. El testigo (T0) presentó un valor de 10.13 mg/L, sirviendo como base para evaluar el efecto de las distintas variedades. Las muestras provenientes del lecho de la variedad seda mostraron valores que oscilaron entre 24.93 y 29.34 mg/L, con un promedio de 26.93 mg/L. Este incremento representa más

del doble respecto al testigo, indicando una liberación eficiente de cobre a partir de esta variedad. En las muestras correspondientes a la variedad Moquicho, las concentraciones variaron entre 26.96 y 30.46 mg/L, con un promedio de 28.42 mg/L. Este comportamiento refleja una mayor estabilidad en la liberación de cobre en comparación con seda, pero con un incremento igualmente significativo frente al testigo. Por último, las muestras obtenidas del lecho de la variedad Inguiri registraron los niveles más elevados, con valores que oscilaron entre 31.73 y 38.46 mg/L, alcanzando un promedio de 34.44 mg/L. Esto representa un aumento de más del 300 % respecto al testigo, lo que sugiere que esta variedad favorece significativamente la concentración de cobre en el biol.

El contenido de cobre aumentó de manera sustancial en todas las variedades de plátano analizadas, siendo Inguiri la que presentó el mayor aporte. Este resultado es relevante para suelos con deficiencia de cobre, considerando que este micronutriente participa activamente en la fotosíntesis, la respiración y la lignificación de las plantas.

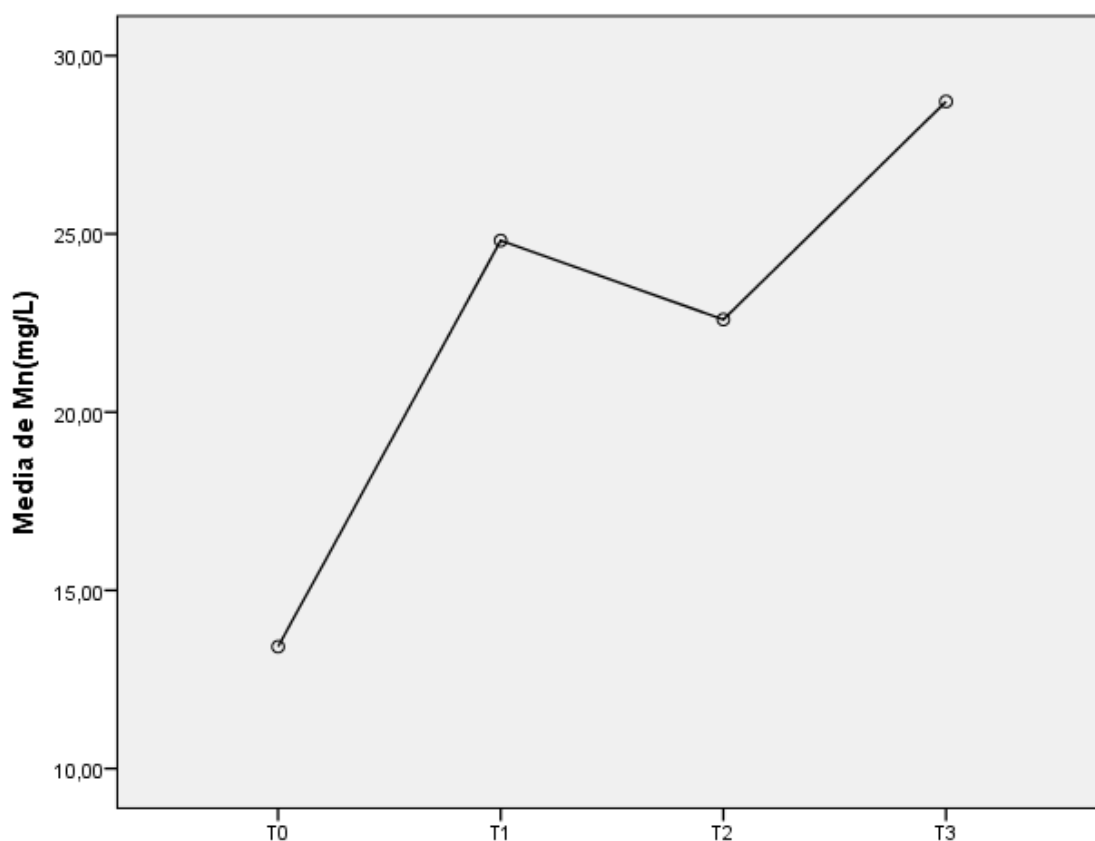


Figura 21. Manganeseo Mn(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis de las concentraciones de manganeso (Mn) en las muestras de biol muestra un aumento significativo en comparación con el testigo (T0), lo que evidencia que el uso de lechos de plátano favorece la disponibilidad de este micronutriente esencial

para el crecimiento vegetal, al participar en la fotosíntesis, la respiración y la formación de estructuras celulares. El testigo (T0) presentó una concentración de manganeso de 13.42 mg/L, valor que sirve como referencia para evaluar el efecto de las distintas variedades. En las muestras provenientes del lecho de la variedad seda, los valores oscilaron entre 22.12 y 27.63 mg/L, con un promedio de 24.81 mg/L. Este resultado representa un incremento cercano al 85 % respecto al testigo, lo que indica una liberación eficiente de manganeso a partir de esta variedad. Las muestras correspondientes a la variedad Moquicho presentaron concentraciones que variaron entre 19.20 y 24.96 mg/L, con un promedio de 22.59 mg/L. Aunque el aumento es menor en comparación con la variedad seda, sigue siendo significativamente superior al valor del testigo, con un incremento de aproximadamente el 68 %. Finalmente, las muestras del lecho de la variedad Inguiri registraron las concentraciones más elevadas, con valores que oscilaron entre 28.19 y 29.16 mg/L, alcanzando un promedio de 28.71 mg/L. Este resultado representa un aumento superior al 110 % frente al testigo, lo que sugiere que esta variedad libera una mayor cantidad de manganeso durante la fermentación.

El contenido de manganeso aumentó considerablemente en todas las variedades de plátano analizadas, destacando la variedad Inguiri como la más eficiente en su liberación. Estos resultados son particularmente relevantes en suelos deficientes en manganeso, ya que este micronutriente es esencial para una óptima actividad enzimática y un crecimiento saludable de las plantas.

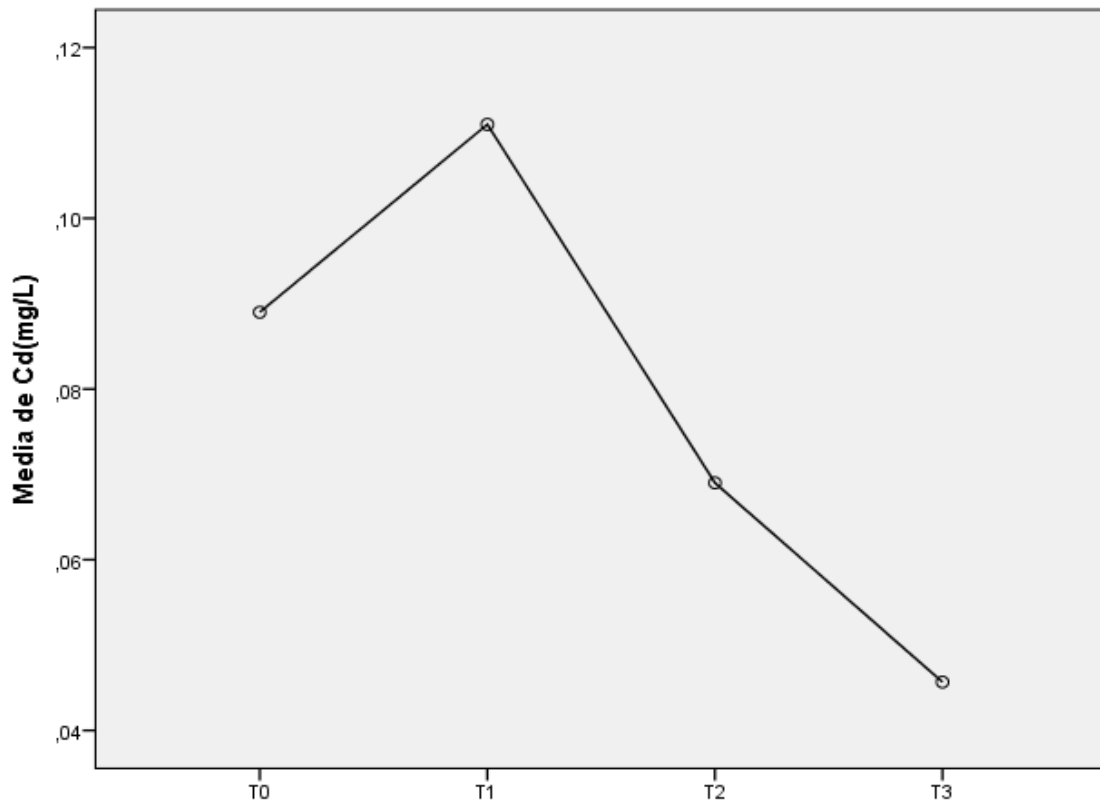


Figura 22. Cadmio Cd(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis de las concentraciones de cadmio (Cd) en las muestras de biol muestra variaciones importantes entre las diferentes variedades de lechos de plátano utilizados, lo que puede tener implicaciones en la calidad y seguridad del biol como biofertilizante, dado que el cadmio es un metal pesado que, en exceso, puede ser tóxico para las plantas, el suelo y la salud humana. El testigo (T0), sin lecho de plátano, presentó una concentración de 0.089 mg/L, lo que sirve como punto de referencia para evaluar el impacto de las diferentes variedades. En las muestras de la variedad seda, las concentraciones oscilaron entre 0.106 y 0.114 mg/L, con un promedio de 0.111 mg/L, lo que representa un aumento del 24.7 % respecto al testigo. Este incremento podría deberse a la composición específica del lecho utilizado, lo que sugiere una mayor liberación de este metal durante el proceso de fermentación. Por otro lado, las muestras del lecho de la variedad Moquicho mostraron valores comprendidos entre 0.065 y 0.075 mg/L, con un promedio de 0.069 mg/L, lo que refleja una disminución del 22.5 % en comparación con el testigo. Esta reducción sugiere que este lecho podría contribuir a una menor concentración de cadmio, lo que lo hace potencialmente más seguro para su aplicación en suelos agrícolas. Finalmente, las muestras del lecho de la variedad Inguiri presentaron los valores más bajos, con concentraciones entre 0.044 y 0.048 mg/L, promediando

0.0457 mg/L. Esto representa una disminución del 48.7 % respecto al testigo, lo que convierte a esta variedad en la opción más segura para la producción de biol en términos de contenido de cadmio.

El lecho de plátano de la variedad Inguiri resultó ser el más eficiente en la reducción del cadmio, mientras que el de la variedad seda mostró un aumento considerable en su concentración. Esta información es clave para decidir el tipo de lecho a utilizar en función de la calidad y seguridad del biol, especialmente en suelos destinados a cultivos de consumo humano.

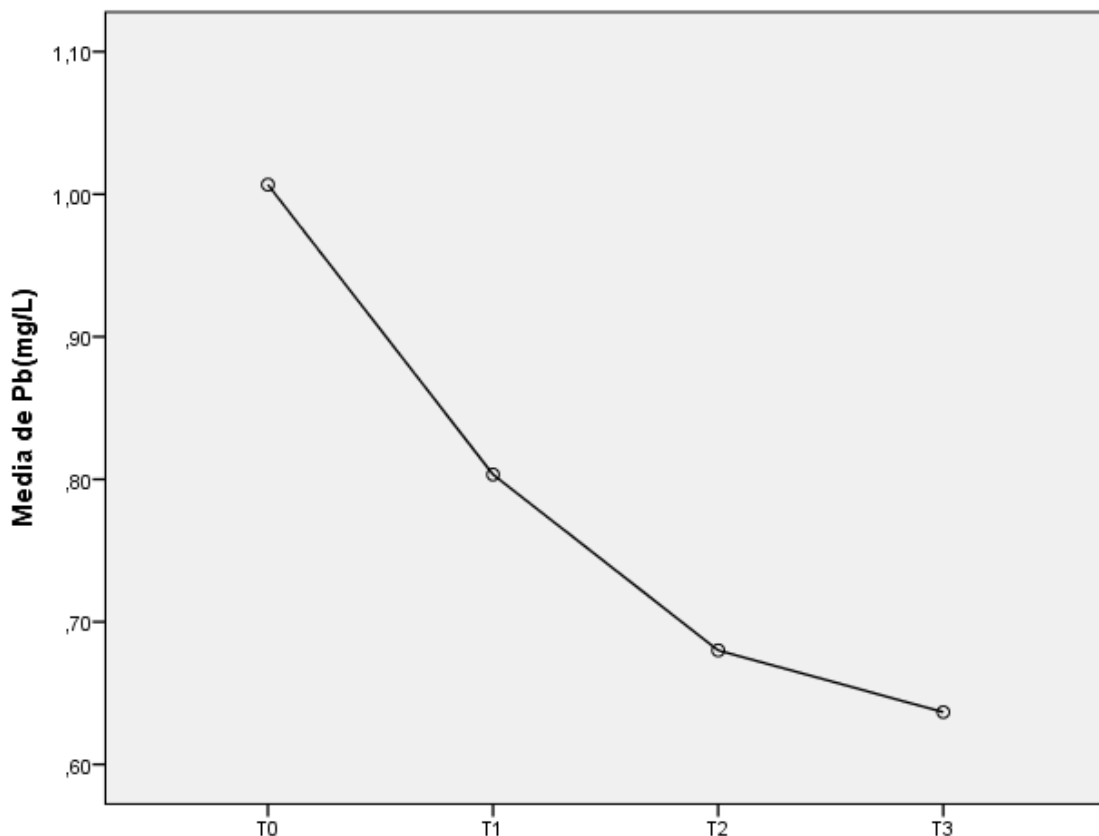


Figura 23. Plomo Pb(mg/L) para cada tratamiento del biol.

El análisis de las concentraciones de plomo (Pb) en las muestras de biol refleja una tendencia a la reducción de este metal pesado en comparación con el testigo (T0), lo que es positivo, dado que el plomo es tóxico incluso en pequeñas cantidades y su acumulación en el suelo puede afectar la calidad de los cultivos. El testigo (T0), sin lecho de plátano, presentó una concentración de 1.005 mg/L, lo que sirve como referencia para las comparaciones. En las muestras de la variedad seda, los valores oscilaron entre 0.745 y 0.875 mg/L, con un promedio de 0.800 mg/L. Esto representa una disminución del 20.4 % respecto al testigo, lo que sugiere que este lecho podría contribuir a una reducción

parcial del plomo presente en el biol. Por su parte, las muestras de la variedad Moquicho presentaron valores entre 0.560 y 0.785 mg/L, con un promedio de 0.677 mg/L, lo que representa una reducción del 32.7 % en comparación con el testigo. Esto indica que esta variedad tiene una mayor capacidad de reducir la concentración de plomo durante el proceso de fermentación. Finalmente, las muestras correspondientes a la variedad Inguiri mostraron concentraciones de plomo que oscilaron entre 0.600 y 0.680 mg/L, promediando 0.637 mg/L. Este valor representa una disminución del 36.6 % en relación con el testigo, lo que convierte a este lecho en el más eficiente en términos de reducción de plomo.

La variedad Inguiri mostró la mayor eficiencia en la reducción de plomo, seguida de Moquicho y, finalmente, seda. Estos resultados son relevantes para seleccionar el lecho de plátano más adecuado para la producción de biol, especialmente si se busca minimizar la presencia de metales pesados y garantizar su uso seguro en suelos agrícolas.

Tabla 5. Análisis de la varianza (ANOVA) para cada parámetro.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Densidad(g/mL)	Entre grupos	0,005	3	0,002	4,199	0,046
	Dentro de grupos	0,003	8	0,000		
	Total	0,007	11			
pH	Entre grupos	0,015	3	0,005	1,204	0,369
	Dentro de grupos	0,034	8	0,004		
	Total	0,049	11			
Temperatura(C°)	Entre grupos	0,683	3	0,228	7,421	0,011
	Dentro de grupos	0,246	8	0,031		
	Total	0,929	11			
CE (dS/m)	Entre grupos	30412,917	3	10137,639	8,485	0,007
	Dentro de grupos	9558,000	8	1194,750		
	Total	39970,917	11			

Humedad_BH (%)	Entre grupos	0,175	3	0,058	0,181	0,906
	Dentro de grupos	2,584	8	0,323		
	Total	2,759	11			
M_Seca (%)	Entre grupos	0,175	3	0,058	15,117	0,001
	Dentro de grupos	0,031	8	0,004		
	Total	0,206	11			
M_Organica_BH (%)	Entre grupos	0,022	3	0,007	0,956	0,459
	Dentro de grupos	0,060	8	0,008		
	Total	0,082	11			
Cenizas_BH (%)	Entre grupos	0,260	3	0,087	48,442	0,000
	Dentro de grupos	0,014	8	0,002		
	Total	0,274	11			
N(mg/L)	Entre grupos	5372,917	3	1790,972	41,976	0,000
	Dentro de grupos	341,333	8	42,667		
	Total	5714,250	11			
M_Organica_BS (%)	Entre grupos	312,761	3	104,254	5,541	0,024
	Dentro de grupos	150,517	8	18,815		
	Total	463,279	11			
Cenizas_BS (%)	Entre grupos	312,761	3	104,254	5,514	0,024
	Dentro de grupos	151,253	8	18,907		
	Total	464,015	11			
P2O5(mg/L)	Entre grupos	40079,369	3	13359,790	346,123	0,000
	Dentro de grupos	308,787	8	38,598		
	Total	40388,156	11			
Mg(mg/L)	Entre grupos	48224,512	3	16074,837	164,209	0,000

	Dentro de grupos	783,139	8	97,892		
	Total	49007,652	11			
Ca(mg/L)	Entre grupos	4231153,043	3	1410384,348	148,672	0,000
	Dentro de grupos	75892,280	8	9486,535		
	Total	4307045,322	11			
K(mg/L)	Entre grupos	2060944,521	3	686981,507	68,179	0,000
	Dentro de grupos	80608,963	8	10076,120		
	Total	2141553,484	11			
Zn(mg/L)	Entre grupos	217,529	3	72,510	18,588	0,001
	Dentro de grupos	31,207	8	3,901		
	Total	248,736	11			
Fe(mg/L)	Entre grupos	275,141	3	91,714	12,247	0,002
	Dentro de grupos	59,909	8	7,489		
	Total	335,049	11			
Cu(mg/L)	Entre grupos	977,149	3	325,716	62,301	0,000
	Dentro de grupos	41,825	8	5,228		
	Total	1018,974	11			
Mn(mg/L)	Entre grupos	379,082	3	126,361	29,804	0,000
	Dentro de grupos	33,918	8	4,240		
	Total	412,999	11			
Cd(mg/L)	Entre grupos	0,007	3	0,002	178,446	0,000
	Dentro de grupos	0,000	8	0,000		
	Total	0,007	11			
Pb(mg/L)	Entre grupos	0,247	3	0,082	16,658	0,001
	Dentro de grupos	0,040	8	0,005		

Total	0,287	11		
-------	-------	----	--	--

El análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros del biol permitió evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. A continuación, se presenta la interpretación de los resultados obtenidos:

La densidad (g/mL) mostró una diferencia significativa entre los tratamientos ($p=0.046$), lo que indica que la densidad varió en función del biol aplicado. El pH no presentó diferencias significativas ($p=0.369$), lo que sugiere que los distintos tratamientos no influyeron en este parámetro.

La temperatura ($^{\circ}\text{C}$) evidenció diferencias significativas ($p=0.011$), lo que indica que los tratamientos afectaron la temperatura del biol. De manera similar, la conductividad eléctrica (dS/m) presentó una diferencia significativa ($p=0.007$), lo que refleja cambios en la salinidad debido a la aplicación de diferentes bioles.

En cuanto a la humedad en base húmeda (BH), no se observaron diferencias significativas ($p=0.906$), indicando que este parámetro se mantuvo constante entre los tratamientos. Por el contrario, la materia seca (%) mostró una diferencia significativa ($p=0.001$), lo que sugiere una variación en la concentración de sólidos entre los tratamientos aplicados.

La materia orgánica en base húmeda no presentó diferencias significativas ($p=0.459$), mientras que las cenizas en BH sí lo hicieron ($p=0.000$), lo que indica cambios en la composición inorgánica del biol. Asimismo, el nitrógeno (mg/L) presentó una diferencia significativa ($p=0.000$), lo que refleja una variación en el contenido de este nutriente entre los tratamientos.

La materia orgánica en base seca (BS) mostró diferencias significativas ($p=0.024$), al igual que las cenizas en BS ($p=0.024$), lo que señala cambios en la composición orgánica e inorgánica del biol debido a los tratamientos aplicados.

El fósforo (P_2O_5) presentó diferencias altamente significativas ($p=0.000$), lo que indica una variación sustancial en su concentración. De igual forma, el magnesio (Mg) mostró diferencias significativas ($p=0.000$), sugiriendo un impacto directo del tratamiento sobre este nutriente.

El calcio (Ca) presentó diferencias significativas ($p=0.000$), lo que refleja una variación importante en su concentración entre los tratamientos. El potasio (K) también mostró diferencias significativas ($p=0.000$), lo que sugiere un impacto en la disponibilidad de este nutriente.

Respecto a los micronutrientes, el zinc (Zn) presentó diferencias significativas ($p=0.001$), lo que sugiere una alteración en su concentración debido a los tratamientos aplicados. El hierro (Fe) también mostró diferencias significativas ($p=0.002$), lo que indica un impacto sobre este nutriente.

El cobre (Cu) presentó diferencias significativas ($p=0.000$), lo que sugiere una variación importante en su concentración. El manganeso (Mn) también mostró diferencias significativas ($p=0.000$), lo que refleja un impacto de los tratamientos sobre este micronutriente.

En el caso del cadmio (Cd), se observaron diferencias significativas ($p=0.000$), indicando una alteración en su concentración. Por último, el plomo (Pb) presentó diferencias significativas ($p=0.001$), lo que sugiere un cambio en su concentración debido a la aplicación de diferentes bioles.

Los tratamientos aplicados influyeron significativamente en varios parámetros, principalmente en la materia seca, las cenizas, los nutrientes esenciales (N, P_2O_5 , K, Ca y Mg) y los micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn, Cd y Pb), lo que evidencia la importancia de la elección del biol adecuado para optimizar la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas.

Fernández et al. (2022) encontraron que los fertilizantes obtenidos mediante extracción convencional con solvente alcalino presentaban un mayor contenido de compuestos minerales, lo que impactaba su precio y composición final. En nuestro estudio, los resultados mostraron que el biol elaborado con lechos de plátano redujo el contenido de cenizas en comparación con el testigo, lo que indica una mayor proporción de materia orgánica en el producto final. La variedad Inguiri mostró la mayor reducción de cenizas (0.707%), lo que sugiere una mayor actividad microbiana y una descomposición más eficiente. Esto respalda la idea de que los residuos agrícolas pueden modificar la composición final del biol en función de su contenido mineral y orgánico.

En el estudio de López et al. (2021) sobre la producción de biofertilizantes, se demostró que la adición de materiales orgánicos ricos en nitrógeno aumentaba la

eficiencia del producto. De manera similar, nuestros resultados mostraron que el contenido de nitrógeno en el biol aumentó en todos los tratamientos con lechos de plátano, destacando la variedad Inguiri con 263 mg/L, lo que la convierte en la más eficiente para mejorar la disponibilidad de este macronutriente. Esto sugiere que el uso de ciertas variedades de plátano puede optimizar la liberación de nitrógeno y mejorar la fertilidad del suelo.

Según García y Torres (2020), la variación del pH en los biofertilizantes puede afectar la actividad microbiana y la absorción de nutrientes. En nuestro estudio, el pH del biol osciló entre 4.727 y 4.817, manteniéndose en un rango ligeramente ácido, ideal para la estabilidad microbiológica. La variedad Moquicho presentó la mayor acidez (4.727), lo que podría estar relacionado con una mayor producción de ácidos orgánicos durante la fermentación. Estos resultados concuerdan con García y Torres, ya que indican que la variación en la materia prima influye en la acidez final del biol, lo que debe considerarse para su aplicación en suelos con distintos niveles de pH.

Martínez et al. (2019) concluyeron que el potasio es un nutriente clave para la mejora del rendimiento de los cultivos, especialmente en suelos con baja fertilidad. En nuestro estudio, el contenido de potasio en el biol incrementó significativamente con la adición de lechos de plátano, alcanzando su máximo valor en la variedad Inguiri (2604.05 mg/L), lo que la hace la opción más favorable. Estos hallazgos sugieren que el biol producido con esta variedad podría ser una alternativa viable para mejorar la disponibilidad de potasio en suelos agrícolas.

Estudios previos, como el de Ramírez et al. (2018), demostraron que ciertos materiales orgánicos tienen la capacidad de reducir la presencia de metales pesados en biofertilizantes. En nuestro caso, los resultados reflejaron que la variedad Inguiri fue la más eficiente en la reducción del plomo (reducción del 36.6%), mientras que la variedad seda mostró menor eficiencia. Esto resalta la importancia de seleccionar adecuadamente el material vegetal para minimizar la contaminación por metales pesados y garantizar la seguridad del biol como fertilizante.

V. CONCLUSIONES

- Se logró la producción de biol a partir de los residuos agrícolas de Musa paradisiaca utilizando los lechos de plátano de las variedades Seda, Moquicho e Inguiri mediante un proceso de fermentación anaeróbica.
- Las propiedades físicas del biol, la densidad varió entre 1.016 g/mL y 1.026 g/mL, siendo la mayor en la variedad Inguiri. El pH se mantuvo dentro de un rango óptimo para la estabilidad microbiológica, con valores entre 4.727 y 4.817, destacando la variedad Moquicho por presentar la mayor acidez (4.727). Asimismo, el contenido de materia seca mostró diferencias significativas entre los tratamientos, donde la variedad Inguiri presentó el mayor porcentaje (4.52%), lo que sugiere una mayor concentración de sólidos disueltos en comparación con las otras variedades.
- Las propiedades químicas, se observó que la concentración de nitrógeno osciló entre 246.73 mg/L y 263.63 mg/L, siendo la variedad Inguiri la que presentó el mayor contenido, lo que indica una mayor disponibilidad de este nutriente para las plantas. Asimismo, el contenido de potasio alcanzó su máximo en la variedad Inguiri con 2604.05 mg/L, lo que la convierte en la opción más favorable para mejorar la fertilidad del suelo. Además, se evidenció una reducción en la presencia de metales pesados, destacando la variedad Inguiri con una disminución del 36.6% en el contenido de plomo, lo que sugiere que este material puede contribuir a mitigar la acumulación de contaminantes en el biol.
- La variedad de lechos de plátano más eficiente para la producción de biol fue la Inguiri, ya que presentó el mayor contenido de nitrógeno y potasio, el mayor porcentaje de materia seca y la mejor capacidad para reducir la presencia de metales pesados. Estos resultados indican que el uso de la variedad Inguiri optimiza la calidad del biol, convirtiéndolo en una alternativa sostenible y altamente efectiva para su aplicación agrícola.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- Incluir más variedades de *Musa paradisiaca* para determinar cuál ofrece mejores resultados en términos de contenido nutricional y estabilidad del biol.
- Evaluar diferentes tiempos de fermentación para determinar el periodo óptimo en el que se alcanza la máxima concentración de nutrientes en el biol.
- Realizar estudios detallados sobre la composición microbiana del biol para identificar las bacterias beneficiosas presentes y su influencia en la calidad del biofertilizante.
- Investigar el uso de otros residuos agrícolas combinados con los lechos de plátano, como estiércol de ganado o residuos de leguminosas, para evaluar mejoras en la calidad del biol.
- Aplicar el biol en distintos tipos de suelo y cultivos para evaluar su impacto en la fertilidad del suelo y en el rendimiento de las plantas.
- Desarrollar técnicas de filtrado y almacenamiento que permitan conservar por más tiempo la calidad del biol sin pérdida de nutrientes esenciales.
- Investigar el uso de aditivos naturales que ayuden a reducir los olores generados durante la fermentación y mejorar la facilidad de aplicación del biol en el campo.
- Evaluar la adición de bioestimulantes como algas marinas o extractos vegetales para potenciar la acción del biol en el desarrollo de los cultivos.
- Realizar un análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad económica de la producción a escala comercial del biol a partir de los lechos de plátano.
- Diseñar un protocolo estandarizado que permita la producción del biol en mayor cantidad sin comprometer su calidad, favoreciendo su uso a nivel comunitario o comercial.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ahmad, N. F., Tin, C., Roji, M., Jaromír, J., & Zhang, Z. (2019). Caracterización de Fertilizantes Líquidos a partir de Diferentes Tipos de Compost Biorresiduos y su Correlación con el Compost Nutrientes. *Ingeniería Química*, 72: 253-258.
- Alvarado, S. (2018). *Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol de ganado vacuno*. Tingo María, Perú p 61.: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Amrullah, S., Amin, M., & Ali, M. (2021). Converting husbandry waste into liquid organic fertilizer using probiotic consortiums (*Lactobacillus* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Actinomycetes* sp., *Streptomyces* sp.). *The 1st International Conference on Biotechnology and Food Sciences*, 1-8; doi:10.1088/1755-1315/679/1/012001.
- Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso de "Fermentación Anaeróbica" para Producción de Biogás*. Lima: Lima: German ProfEC- Perú SAC. Reporte N° BM-4-00-1108-1239.
- Arana, S. (2011). *Internet Archive*. Obtenido de [https://archive.org/details/ManualElaboracionBiolSolucionesPracticasITDG/pa ge/n1/mode/2up](https://archive.org/details/ManualElaboracionBiolSolucionesPracticasITDG/pa%20ge/n1/mode/2up)
- Auxiliadora, A., & Zelaya, A. J. (2015). *Producción de biogás a partir de la pulpa de café con prototipo de generador eléctrico*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Azeem, S. (2015). Fertilizante líquido procedente de residuos alimentarios: un enfoque sostenible. *Revista Internacional de Investigación de Ciencias Ambientales*, 4(8):22-25.
- Behar, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
- Buchelli, H. A. (2014). *Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias.
- Chaurisia, A., Meena, B. R., Tripathi, A. N., & et al. (2018). Actinomycetes: an

unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (9): 132.

CLIMATE-DATA.ORG. (6 de setiembre de 2022). *CLIMA: UCAYALI*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/ucayali-1053/>

Comisión Europea. (2016). Paquete de economía circular - ANEXOS a la propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas sobre la comercialización de productos fertilizantes con el mercado CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1069/2009 y. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0157&from=EN>

CONADESUCA. (2016). *Melaza de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado*. Chapingo, México: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.

Crueger, W., & Crueger, A. (1993). *Biología: Manual de microbiología industrial*. Mallorca, España 68 p: 3ra Edición. Editorial ACRIBIA, S.A. Royo 23-50006 Zaragoza.

Díaz, A. (2017). *Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Posgrado, 129 p.

Fayami, O. E., & Ojokoh, A. O. (2014). The Effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of food processing and preservation*, 38 (1):183-192.

Feijoo, M. A. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*, 4 (2):31-40.

Fernández, M., Del Amo, E., Lucas, S., García, T. M., & Coca, M. (2022).

Producción de fertilizantes líquidos a partir de residuos orgánicos mediante tecnologías de extracción convencionales y asistidas por microondas: Evaluación tecnoeconómica y ambiental. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150904>.

- Florez, M. (2017). *Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproducto del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. Lima, Perú p 92.: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Pesquería .
- Florez, M. A., Roldán, D. J., & Juscamaita, J. G. (2022). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizantes líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproducto del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología aplicada*, 19(2):121-131.
- Fortis, M., Leos, J. A., Preciado, P., Orona, I., García, J. A., García, J. L., & Orozco, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, Vo. 27 (4): 329-336.
- Gao, Y. T., Zhang, Y. S., Wen, X., & et al. (2019). The glycerol and etanol production kinetics in low-temperature wine fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains. *International Journal of Food Science Technology*, 54 (1): 102-110.
- García, L. (2008). *Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado*. Lima, Perú, 79-86 pp.: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Gendy, M. A., Zahrani, S. H., & Bondkly, A. M. (2017). Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183 (1): 30-50.
- Ghosh, S., Ow, L., & Wilson, B. (2015). Influencia del biocarbón y el compost en las propiedades del suelo y el crecimiento de los árboles en un entorno urbano tropical. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental*, 12(4).
- Glossary, U. (16 de setiembre de 2021). *Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos. An official website of the United States government*. Obtenido de <https://agclass.nal.usda.gov/es>.
- Gordón, V. (2013). *Utilización de suero de leche para la elaboración de abono orgánico (biol)*. Tulcán, Ecuador, 150 p.: Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.
- Guccione, L. (2009). *Tratamiento de los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en*

- crecimimiento*. . Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., *et al.* 2008. Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13 (2): 1369-1379.
- Horwath, W. R. (2017). The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*, p. 41-66. https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002.
- INIA. (4 de diciembre de 2012). *Gob.pe*. Obtenido de <http://www.inia.gob.pe/programas/bovinos-y-ovinos>
- Kothari, R., Pandey, A., Kumar, S., Tyagi, V. V., & Tyagi, S. K. (2014). Different aspects of dry anaerobic digestion for bioenergy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39: 174-195.
- Lagler, J. C. (2017). Bioinsumos: distintas percepciones haciendo foco en la fertilización biológica. *Agronomía y ambiente*, 37(1).
- Lastra, L. L. (2019). *Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) para la obtención de abono líquido a partir de la mezcla de excretas y lactosuero de ganado vacuno, Ucayali, Perú*. Pucallpa: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali.
- León, E. (2018). *Evaluación de la eficiencia de bioles en un cultivo de hortícola*. Salesiana, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Londoño, N. A., TOborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23 (36): 186-205.
- Loyola, J. G. (2018). *Evaluación de la eficacia de bioles en un cultivo hortícola*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Martín, A. (2002). *Capacidad antagonista frente a Listeria monocytogenes de dos sustancias tipo bacteriocinas utilizadas en combinación con NaCl y CO2*. Valdivia, Chile 7-18 pp.: Universidad Austral de Chile.
- Meena, S. K., & Meena, V. S. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. In: *Agriculturally Important*

- Microbes for Sustainable Agriculture. *Springer, Singapore*, p. 3-23.
- Mery, C. S., Herrera, J., Flores, V. C., & Bravo, M. (2018). Comparación entre generación de biogás por medio de digestión anaerobia seca y húmeda, de residuos orgánicos provenientes de ferias libres. 3° Congreso Iberoamericano de cambio climático. 8-10/may/ 2018., (pág. 7 p.). Buenos Aires, Argentina.
- Meza, L. M. (2014). *Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAGRI. (2014). *Sistema Integrado de Estadística Agraria. Estadística mensual*.
Perú: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE).
- MINAM, M. (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*.
Lima: MINAM, Resolución Ministerial N° 457-2018-MINAM.
- Morocho, M., & Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, Vol (46):2;93-103.
- OEFA. (2016). *La fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. Lima, Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Pacheco, S. S., & Malca, L. (2016). Desarrollo de un abono orgánico líquido tipo biol usando un proceso anaerobio en bio-reactores simples. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 13(1): 35-40, 2016.
- Peralta, L., Juscamaita, J., & Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abonos orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido.
Ecología aplicada, 15(1):1-10.
- Peralta, R. (2010). *Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast biol usando las excretas del ganado leche del establo de la UNALM*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Peter, F. (2006). *Microorganismos Efectivos. Descubre la utilidad de los EM en el hogar y el jardín, la agricultura y la salud*. Barcelona: Trad. de Luise S., M. Barcelona, RBA Integral. 237 p.
- Pozo, J. (2009). *Dinámica y relevancia de la materia orgánica* Universidad de

Girona. Edición en Español. Fundación BBVA.

- Pozo, J., Elosegí, A., Ramón, J., & Molinero, J. (2009). Dinámica y relevancia de la materia orgánica. *Dialnet*, 141-168.
- Quiñones, H. R. (2016). *Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quispe, Y. C. y Chávez, C. M. F. 2017. Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3): 652-666.
- Ramírez, M. (2005). *Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos*. Hidalgo, México 13 p.: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Restrepo, J. (2007). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*. Costa Rica: ILCA.
- Ricse, Y. (2013). *Elaboración de biofertilizante acelerado vía fermentación homoláctica del residuo del procesamiento de rocoto (*Capsicum pubescens*)*. Lima, Perú 113 p: UNALM.
- Román, C. (2012). *Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica*. UNALM 120-141p.
- Romero, A., & Pereda, I. (2015). *Biofertilizante a partir de residuos agrícolas*. La Habana, Cuba: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1>.
- Romero, H. K. (2019). *Efecto de la aplicación de diferentes dosis de cenizas de Palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en el Biol generado en la PTARI OLAMSA CFB km 59.800, departamento de Ucayali - 2019*. Pucallpa: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali.
- Sánchez, F. O. (2018). *Evaluación de la eficiencia de un biofertilizante de residuos orgánicos en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de Rábano (*Raphanus sativus* L.)*. Lima, Perú: Universidad Peruano Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

- Soto, J. A., Cárdenas, J. A., & García, J. P. (2017). Inoculation of substrate with lactic acid bacteria for the development of *Moringa oleifera* Lam plantlets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2).
- Souza, R. D., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38 (4): 401-419.
- Su, P., Tan, X., Li, C., & et al. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10 (3): 612-624.
- Torres, A., Quipuzco, L., & Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch.. *Anales Científicos*, 76 (2): 269-274.
- Ulloa, J. (2015). *Valoración de tres tipos de bioles en la producción de rábano (raphanus sativus)*. Piura, Perú p 141: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
- Verde, R. (2014). *Producción de biol a partir de residuos sólidos orgánicos en la empresa prestadora de servicios Lima Cilsa S.A.* Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Vurukonda, S. S., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (4): 952.
- Yang, F., Li, Y., Qian, W., Li, G., & Lou, W. (2019). Rendimiento de compost maduro para controlar las emisiones gaseosas en el compostaje de residuos de cocina. *Ciencia del medio ambiente total*, 657, 262-269. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.030>
- Zhou, X., Yang, J., Xu, S., Wang, J., Zhou, Q., Li, Y., & Tong, X. (2020). Compostaje rápido in situ de residuos alimentarios domésticos. *Seguridad de procesos y proteccion del medio ambiente*, 141, 259-266. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.039>.

VIII. ANEXO

Anexo A. Análisis de las muestras.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	AIBINO AQUINO RETIS	CASERIO:	VILLARICA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	14/11/2024
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	25/10/2024
DISTRITO:	SANTO DOMINGO DE ANDA	MUESTRA	BIOL

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS DE LOS ENSAYOS																				
Código	Dato	Densidad (g/mL)	PH	T (°C)	CE (dS/m)	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (mg/L)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P ₂ O ₅ (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)
E24-210-1	To	1.029	4.81	26.90	1062	98.25	1.75	0.63	1.1176	208	36.11	63.89	3.76	344.30	1277.00	1447.15	33.10	11.34	10.13	13.42	0.089	1.01
E24-210-2	T11	1.045	4.80	26.70	1151	98.47	1.53	0.67	0.8617	225	43.75	56.25	27.96	462.57	1545.25	1888.95	38.95	26.47	26.54	22.12	0.106	0.75
E24-210-3	T12	1.011	4.78	26.50	1214	98.47	1.53	0.64	0.8906	215	41.94	58.06	31.16	479.20	1645.28	2012.60	35.13	19.06	24.93	24.69	0.113	0.78
E24-210-4	T13	1.040	4.87	26.40	1200	98.61	1.39	0.53	0.8654	224	37.93	62.07	30.89	454.98	1555.24	2079.75	39.90	17.14	29.34	27.63	0.114	0.88
E24-210-5	T21	0.995	4.75	26.40	1187	98.49	1.51	0.65	0.8547	240	43.33	56.67	108.01	517.40	2329.35	2153.25	41.70	18.11	27.83	24.96	0.075	0.69
E24-210-6	T22	1.007	4.76	26.30	1192	98.46	1.54	0.74	0.7944	244	48.39	51.61	114.40	491.00	2115.47	2195.85	39.36	18.44	30.46	19.20	0.067	0.56
E24-210-7	T23	0.976	4.67	26.30	1109	98.46	1.54	0.62	0.9226	250	40.00	60.00	111.21	492.20	2236.57	2148.77	38.13	17.27	26.96	23.63	0.065	0.79
E24-210-8	T31	0.970	4.82	26.30	1140	98.50	1.50	0.83	0.6704	264	55.17	44.83	159.08	496.45	2758.48	2411.56	47.08	21.72	31.73	28.79	0.044	0.63
E24-210-9	T32	0.980	4.87	26.30	1079	98.67	1.33	0.56	0.7657	273	42.31	57.69	137.00	496.75	2698.52	2653.45	42.37	25.84	33.14	29.16	0.048	0.60
E24-210-10	T33	1.021	4.69	26.30	1073	98.53	1.47	0.78	0.6856	252	53.33	46.67	140.46	495.90	2987.11	2747.15	45.59	25.56	38.46	28.19	0.045	0.68

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 24. Resultados del análisis de los parámetros de las muestras del biol en el Laboratorio de Análisis de suelo, Agua y ecotoxicología.

Anexo B. Análisis estadístico.

Tabla 6. Análisis de la estadística descriptiva para cada parámetro.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Densidad(g/mL)	T0	3	1,0290	,01200	,00693	,9992	1,0588	1,02	1,04
	T1	3	1,0320	,01836	,01060	,9864	1,0776	1,01	1,05
	T2	3	,9927	,01563	,00902	,9538	1,0315	,98	1,01
	T3	3	,9903	,02702	,01560	,9232	1,0575	,97	1,02
	Total	12	1,0110	,02610	,00754	,9944	1,0276	,97	1,05
pH	T0	3	4,8100	,06000	,03464	4,6610	4,9590	4,75	4,87
	T1	3	4,8167	,04726	,02728	4,6993	4,9341	4,78	4,87
	T2	3	4,7267	,04933	,02848	4,6041	4,8492	4,67	4,76
	T3	3	4,7933	,09292	,05364	4,5625	5,0241	4,69	4,87
	Total	12	4,7867	,06679	,01928	4,7442	4,8291	4,67	4,87
Temperatura(C°)	T0	3	26,9000	,31000	,17898	26,1299	27,6701	26,59	27,21
	T1	3	26,5333	,15275	,08819	26,1539	26,9128	26,40	26,70
	T2	3	26,3333	,05774	,03333	26,1899	26,4768	26,30	26,40
	T3	3	26,3000	,00000	,00000	26,3000	26,3000	26,30	26,30
	Total	12	26,5167	,29059	,08389	26,3320	26,7013	26,30	27,21

CE(dS/m)	T0	3	1062,0 000	12,0000 0	6,9282 0	1032,1 903	1091,8 097	1050, 00	1074, 00
	T1	3	1188,3 333	33,0807 1	19,099 16	1106,1 563	1270,5 104	1151, 00	1214, 00
	T2	3	1162,6 667	46,5438 9	26,872 13	1047,0 452	1278,2 881	1109, 00	1192, 00
	T3	3	1097,3 333	37,0720 0	21,403 53	1005,2 414	1189,4 253	1073, 00	1140, 00
	Tot al	1 2	1127,5 833	60,2803 4	17,401 44	1089,2 830	1165,8 836	1050, 00	1214, 00
Humedad_BH(%)	T0	3	98,250 0	1,13000	,65241	95,442 9	101,05 71	97,12	99,38
	T1	3	98,516 7	,08083	,04667	98,315 9	98,717 5	98,47	98,61
	T2	3	98,470 0	,01732	,01000	98,427 0	98,513 0	98,46	98,49
	T3	3	98,566 7	,09074	,05239	98,341 3	98,792 1	98,50	98,67
	Tot al	1 2	98,450 8	,50084	,14458	98,132 6	98,769 1	97,12	99,38
M_Seca(%)	T0	3	1,7500	,02000	,01155	1,7003	1,7997	1,73	1,77
	T1	3	1,4833	,08083	,04667	1,2825	1,6841	1,39	1,53
	T2	3	1,5300	,01732	,01000	1,4870	1,5730	1,51	1,54
	T3	3	1,4333	,09074	,05239	1,2079	1,6587	1,33	1,50
	Tot al	1 2	1,5492	,13694	,03953	1,4622	1,6362	1,33	1,77
M_Organica_B H(%)	T0	3	,6300	,01000	,00577	,6052	,6548	,62	,64
	T1	3	,6133	,07371	,04256	,4302	,7964	,53	,67
	T2	3	,6700	,06245	,03606	,5149	,8251	,62	,74
	T3	3	,7233	,14364	,08293	,3665	1,0802	,56	,83
	Tot al	1 2	,6592	,08618	,02488	,6044	,7139	,53	,83

Cenizas_BH(%)	T0	3	1,1176	,01285	,00742	1,0856	1,1495	1,10	1,13
	T1	3	,8726	,01573	,00908	,8335	,9116	,86	,89
	T2	3	,8572	,06414	,03703	,6979	1,0166	,79	,92
	T3	3	,7072	,05120	,02956	,5800	,8344	,67	,77
	Tot al	1 2	,8887	,15782	,04556	,7884	,9889	,67	1,13
N(mg/L)	T0	3	208,00	2,00000	1,1547	203,03	212,96	206,0	210,0
	T1	3	221,33	5,50757	3,1798	207,65	235,01	215,0	225,0
	T2	3	244,66	5,03322	2,9059	232,16	257,16	240,0	250,0
	T3	3	263,00	10,5356	6,0827	236,82	289,17	252,0	273,0
	Tot al	1 2	234,25	22,7920	6,5795	219,76	248,73	206,0	273,0
M_Organica_B S(%)	T0	3	36,113	,41501	,23961	35,082	37,144	35,70	36,53
	T1	3	41,206	2,97850	1,7196	33,807	48,605	37,93	43,75
	T2	3	43,906	4,22462	2,4390	33,412	54,401	40,00	48,39
	T3	3	50,270	6,95468	4,0152	32,993	67,546	42,31	55,17
	Tot al	1 2	42,874	6,48970	1,8734	38,750	46,997	35,70	55,17
Cenizas_BS(%)	T0	3	63,886	,73501	,42436	62,060	65,712	63,15	64,62
	T1	3	58,793	2,97850	1,7196	51,394	66,192	56,25	62,07
	T2	3	56,093	4,22462	2,4390	45,598	66,587	51,61	60,00

	T3	3	49,730 0	6,95468	4,0152 9	32,453 6	67,006 4	44,83	57,69
	Total	1 2	57,125 8	6,49486	1,8749 0	52,999 2	61,252 5	44,83	64,62
P2O5(mg/L)	T0	3	3,7633	,04509	,02603	3,6513	3,8753	3,72	3,81
	T1	3	30,003 3	1,77472	1,0246 4	25,594 7	34,412 0	27,96	31,16
	T2	3	111,20 67	3,19500	1,8446 3	103,26 98	119,14 35	108,0 1	114,4 0
	T3	3	145,51 33	11,8757 6	6,8564 7	116,01 23	175,01 44	137,0 0	159,0 8
	Total	1 2	72,621 7	60,5941 5	17,492 02	34,122 0	111,12 14	3,72	159,0 8
Mg(mg/L)	T0	3	344,30 00	3,96000	2,2863 1	334,46 28	354,13 72	340,3 4	348,2 6
	T1	3	465,58 33	12,3879 9	7,1522 1	434,80 99	496,35 68	454,9 8	479,2 0
	T2	3	500,20 00	14,9077 2	8,6069 7	463,16 72	537,23 28	491,0 0	517,4 0
	T3	3	496,36 67	,43108	,24889	495,29 58	497,43 75	495,9 0	496,7 5
	Total	1 2	451,61 25	66,7475 9	19,268 37	409,20 31	494,02 19	340,3 4	517,4 0
Ca(mg/L)	T0	3	1277,0 000	14,6900 0	8,4812 8	1240,5 080	1313,4 920	1262, 31	1291, 69
	T1	3	1581,9 233	55,0953 8	31,809 33	1445,0 588	1718,7 878	1545, 25	1645, 28
	T2	3	2227,1 300	107,252 03	61,921 99	1960,7 012	2493,5 588	2115, 47	2329, 35
	T3	3	2814,7 033	152,288 69	87,923 91	2436,3 973	3193,0 094	2698, 52	2987, 11
	Total	1 2	1975,1 892	625,739 22	180,63 535	1577,6 134	2372,7 649	1262, 31	2987, 11

K(mg/L)	T0	3	1447,1 500	16,6400 0	9,6071 1	1405,8 139	1488,4 861	1430, 51	1463, 79
	T1	3	1993,7 667	96,7842 0	55,878 38	1753,3 414	2234,1 919	1888, 95	2079, 75
	T2	3	2165,9 567	25,9851 1	15,002 51	2101,4 061	2230,5 073	2148, 77	2195, 85
	T3	3	2604,0 533	173,162 31	99,975 31	2173,8 943	3034,2 124	2411, 56	2747, 15
	Total	1 2	2052,7 317	441,233 14	127,37 303	1772,3 855	2333,0 778	1430, 51	2747, 15
Zn(mg/L)	T0	3	33,100 0	,38000	,21939	32,156 0	34,044 0	32,72	33,48
	T1	3	37,993 3	2,52480	1,4577 0	31,721 4	44,265 3	35,13	39,90
	T2	3	39,730 0	1,81353	1,0470 4	35,224 9	44,235 1	38,13	41,70
	T3	3	45,013 3	2,40737	1,3899 0	39,033 1	50,993 6	42,37	47,08
	Total	1 2	38,959 2	4,75525	1,3727 2	35,937 8	41,980 5	32,72	47,08
Fe(mg/L)	T0	3	11,340 0	,13000	,07506	11,017 1	11,662 9	11,21	11,47
	T1	3	20,890 0	4,92685	2,8445 2	8,6510	33,129 0	17,14	26,47
	T2	3	17,940 0	,60324	,34828	16,441 5	19,438 5	17,27	18,44
	T3	3	24,373 3	2,30211	1,3291 3	18,654 6	30,092 1	21,72	25,84
	Total	1 2	18,635 8	5,51897	1,5931 9	15,129 2	22,142 4	11,21	26,47
Cu(mg/L)	T0	3	10,130 0	,12000	,06928	9,8319	10,428 1	10,01	10,25
	T1	3	26,936 7	2,23160	1,2884 1	21,393 1	32,480 3	24,93	29,34

	T2	3	28,416 7	1,82226	1,0520 8	23,889 9	32,943 4	26,96	30,46
	T3	3	34,443 3	3,54926	2,0491 7	25,626 5	43,260 2	31,73	38,46
	Total	1 2	24,981 7	9,62465	2,7784 0	18,866 5	31,096 9	10,01	38,46
Mn(mg/L)	T0	3	13,420 0	,15000	,08660	13,047 4	13,792 6	13,27	13,57
	T1	3	24,813 3	2,75707	1,5917 9	17,964 4	31,662 3	22,12	27,63
	T2	3	22,596 7	3,01583	1,7411 9	15,104 9	30,088 4	19,20	24,96
	T3	3	28,713 3	,48952	,28263	27,497 3	29,929 4	28,19	29,16
	Total	1 2	22,385 8	6,12743	1,7688 4	18,492 6	26,279 0	13,27	29,16
Cd(mg/L)	T0	3	,0890	,00100	,00058	,0865	,0915	,09	,09
	T1	3	,1110	,00436	,00252	,1002	,1218	,11	,11
	T2	3	,0690	,00529	,00306	,0559	,0821	,07	,08
	T3	3	,0457	,00208	,00120	,0405	,0508	,04	,05
	Total	1 2	,0787	,02542	,00734	,0625	,0948	,04	,11
Pb(mg/L)	T0	3	1,0067	,01528	,00882	,9687	1,0446	,99	1,02
	T1	3	,8033	,06807	,03930	,6342	,9724	,75	,88
	T2	3	,6800	,11533	,06658	,3935	,9665	,56	,79
	T3	3	,6367	,04041	,02333	,5363	,7371	,60	,68
	Total	1 2	,7817	,16152	,04663	,6790	,8843	,56	1,02

Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianzas.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Densidad(g/mL)	1,331	3	8	,331
pH	,880	3	8	,491
Temperatura(C°)	2,604	3	8	,124
CE(dS/m)	2,677	3	8	,118
Humedad_BH(%)	3,507	3	8	,069
M_Seca(%)	5,478	3	8	,024
M_Organica_BH(%)	4,917	3	8	,032
Cenizas_BH(%)	2,306	3	8	,153
N(mg/L)	1,770	3	8	,230
M_Organica_BS(%)	4,216	3	8	,046
Cenizas_BS(%)	3,856	3	8	,056
P2O5(mg/L)	8,818	3	8	,006
Mg(mg/L)	5,517	3	8	,024
Ca(mg/L)	3,465	3	8	,071
K(mg/L)	4,660	3	8	,036
Zn(mg/L)	2,403	3	8	,143
Fe(mg/L)	7,735	3	8	,009
Cu(mg/L)	3,887	3	8	,055
Mn(mg/L)	3,720	3	8	,061
Cd(mg/L)	3,879	3	8	,056
Pb(mg/L)	2,189	3	8	,167

Tabla 8. Pruebas Post hoc de comparaciones múltiples.

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Densidad(g/mL)	HSD	T0	T1	-,00300	,01558	,997	-,0529	,0469
		Tukey	T2	,03633	,01558	,169	-,0135	,0862
			T3	,03867	,01558	,138	-,0112	,0885
	Tukey	T1	T0	,00300	,01558	,997	-,0469	,0529
		T2	,03933	,01558	,130	-,0105	,0892	
		T3	,04167	,01558	,105	-,0082	,0915	
Tukey	T2	T0	-,03633	,01558	,169	-,0862	,0135	
	T1	-,03933	,01558	,130	-,0892	,0105		

			T3	,00233	,01558	,999	-,0475	,0522
		T3	T0	-,03867	,01558	,138	-,0885	,0112
			T1	-,04167	,01558	,105	-,0915	,0082
			T2	-,00233	,01558	,999	-,0522	,0475
	Bonferro ni	T0	T1	-,00300	,01558	1,00 0	-,0572	,0512
			T2	,03633	,01558	,288	-,0179	,0905
			T3	,03867	,01558	,228	-,0155	,0929
		T1	T0	,00300	,01558	1,00 0	-,0512	,0572
			T2	,03933	,01558	,213	-,0149	,0935
			T3	,04167	,01558	,169	-,0125	,0959
		T2	T0	-,03633	,01558	,288	-,0905	,0179
			T1	-,03933	,01558	,213	-,0935	,0149
			T3	,00233	,01558	1,00 0	-,0519	,0565
		T3	T0	-,03867	,01558	,228	-,0929	,0155
			T1	-,04167	,01558	,169	-,0959	,0125
			T2	-,00233	,01558	1,00 0	-,0565	,0519
pH	HSD Tukey	T0	T1	-,00667	,05307	,999	-,1766	,1633
			T2	,08333	,05307	,445	-,0866	,2533
			T3	,01667	,05307	,988	-,1533	,1866
		T1	T0	,00667	,05307	,999	-,1633	,1766
			T2	,09000	,05307	,385	-,0800	,2600
			T3	,02333	,05307	,970	-,1466	,1933
		T2	T0	-,08333	,05307	,445	-,2533	,0866
			T1	-,09000	,05307	,385	-,2600	,0800
			T3	-,06667	,05307	,612	-,2366	,1033
		T3	T0	-,01667	,05307	,988	-,1866	,1533
			T1	-,02333	,05307	,970	-,1933	,1466
			T2	,06667	,05307	,612	-,1033	,2366
	Bonferro ni	T0	T1	-,00667	,05307	1,00 0	-,1913	,1780
			T2	,08333	,05307	,930	-,1013	,2680
			T3	,01667	,05307	1,00 0	-,1680	,2013
		T1	T0	,00667	,05307	1,00 0	-,1780	,1913
			T2	,09000	,05307	,770	-,0946	,2746

			T3		,02333	,05307	1,00 0	-,1613	,2080	
		T2	T0		-,08333	,05307	,930	-,2680	,1013	
			T1		-,09000	,05307	,770	-,2746	,0946	
			T3		-,06667	,05307	1,00 0	-,2513	,1180	
		T3	T0		-,01667	,05307	1,00 0	-,2013	,1680	
			T1		-,02333	,05307	1,00 0	-,2080	,1613	
			T2		,06667	,05307	1,00 0	-,1180	,2513	
Temperatura(C°)	HSD Tukey	T0	T1		,36667	,14304	,123	-,0914	,8247	
			T2		,56667*	,14304	,018	,1086	1,0247	
			T3		,60000*	,14304	,013	,1419	1,0581	
		T1	T0		-,36667	,14304	,123	-,8247	,0914	
			T2		,20000	,14304	,534	-,2581	,6581	
			T3		,23333	,14304	,415	-,2247	,6914	
		T2	T0		-,56667*	,14304	,018	-1,0247	-,1086	
			T1		-,20000	,14304	,534	-,6581	,2581	
			T3		,03333	,14304	,995	-,4247	,4914	
		T3	T0		-,60000*	,14304	,013	-1,0581	-,1419	
			T1		-,23333	,14304	,415	-,6914	,2247	
			T2		-,03333	,14304	,995	-,4914	,4247	
		Bonferro ni	T0	T1		,36667	,14304	,201	-,1310	,8643
				T2		,56667*	,14304	,025	,0690	1,0643
				T3		,60000*	,14304	,018	,1024	1,0976
			T1	T0		-,36667	,14304	,201	-,8643	,1310
				T2		,20000	,14304	1,00 0	-,2976	,6976
				T3		,23333	,14304	,849	-,2643	,7310
			T2	T0		-,56667*	,14304	,025	-1,0643	-,0690
				T1		-,20000	,14304	1,00 0	-,6976	,2976
				T3		,03333	,14304	1,00 0	-,4643	,5310
			T3	T0		-,60000*	,14304	,018	-1,0976	-,1024
				T1		-,23333	,14304	,849	-,7310	,2643
				T2		-,03333	,14304	1,00 0	-,5310	,4643

CE(dS/m)	HSD Tukey	T0	T1	-	28,2223		-	
				126,33333	3	,009	216,711	-35,9555
				*			2	
			T2	-	28,2223		-	
				100,66667	3	,030	191,044	-10,2888
				*			5	
			T3	-	28,2223		-	
				-35,33333	3	,615	125,711	55,0445
							2	
		T1	T0	126,33333	28,2223	,009	35,9555	216,711
				*	3			2
			T2	25,66667	28,2223	,801	-64,7112	116,044
				3			5	
			T3	91,00000*	28,2223	,048	,6222	181,377
				3			8	
	T2	T0	100,66667	28,2223	,030	10,2888	191,044	
			*	3			5	
		T1	-25,66667	28,2223	,801	116,044	64,7112	
			3			5		
		T3	65,33333	28,2223	,174	-25,0445	155,711	
			3			2		
	T3	T0	35,33333	28,2223	,615	-55,0445	125,711	
			3			2		
		T1	-91,00000*	28,2223	,048	181,377	-,6222	
			3			8		
		T2	-65,33333	28,2223	,174	155,711	25,0445	
			3			2		
	Bonferro ni	T0	T1	-	28,2223		-	
				126,33333	28,2223	,012	224,515	-28,1513
				*	3			4
			T2	-	28,2223		-	
				100,66667	28,2223	,044	198,848	-2,4846
			*	3			7	
		T3	-	28,2223		-		
			-35,33333	28,2223	1,00	133,515	62,8487	
			3		0		4	
		T1	T0	126,33333	28,2223	,012	28,1513	224,515
			*	3				4

		T2		25,66667	28,2223 3	1,00 0	-72,5154	123,848 7
		T3		91,00000	28,2223 3	,073	-7,1821	189,182 1
		T2	T0	100,66667 *	28,2223 3	,044	2,4846	198,848 7
			T1	-25,66667	28,2223 3	1,00 0	- 123,848 7	72,5154
			T3	65,33333	28,2223 3	,296	-32,8487	163,515 4
		T3	T0	35,33333	28,2223 3	1,00 0	-62,8487	133,515 4
			T1	-91,00000	28,2223 3	,073	- 189,182 1	7,1821
			T2	-65,33333	28,2223 3	,296	- 163,515 4	32,8487
Humedad_BH(%)	HSD	T0	T1	-,26667	,46403	,937	-1,7527	1,2193
			T2	-,22000	,46403	,963	-1,7060	1,2660
			T3	-,31667	,46403	,901	-1,8027	1,1693
		T1	T0	,26667	,46403	,937	-1,2193	1,7527
			T2	,04667	,46403	1,00 0	-1,4393	1,5327
			T3	-,05000	,46403	1,00 0	-1,5360	1,4360
		T2	T0	,22000	,46403	,963	-1,2660	1,7060
			T1	-,04667	,46403	1,00 0	-1,5327	1,4393
			T3	-,09667	,46403	,997	-1,5827	1,3893
		T3	T0	,31667	,46403	,901	-1,1693	1,8027
			T1	,05000	,46403	1,00 0	-1,4360	1,5360
			T2	,09667	,46403	,997	-1,3893	1,5827
	Bonferro ni	T0	T1	-,26667	,46403	1,00 0	-1,8810	1,3477
			T2	-,22000	,46403	1,00 0	-1,8343	1,3943
			T3	-,31667	,46403	1,00 0	-1,9310	1,2977

		T1	T0	,26667	,46403	1,00 0	-1,3477	1,8810
			T2	,04667	,46403	1,00 0	-1,5677	1,6610
			T3	-,05000	,46403	1,00 0	-1,6643	1,5643
		T2	T0	,22000	,46403	1,00 0	-1,3943	1,8343
			T1	-,04667	,46403	1,00 0	-1,6610	1,5677
			T3	-,09667	,46403	1,00 0	-1,7110	1,5177
		T3	T0	,31667	,46403	1,00 0	-1,2977	1,9310
			T1	,05000	,46403	1,00 0	-1,5643	1,6643
			T2	,09667	,46403	1,00 0	-1,5177	1,7110
M_Seca(%)	HSD	T0	T1	,26667*	,05077	,003	,1041	,4293
	Tukey		T2	,22000*	,05077	,011	,0574	,3826
			T3	,31667*	,05077	,001	,1541	,4793
		T1	T0	-,26667*	,05077	,003	-,4293	-,1041
			T2	-,04667	,05077	,796	-,2093	,1159
			T3	,05000	,05077	,762	-,1126	,2126
		T2	T0	-,22000*	,05077	,011	-,3826	-,0574
			T1	,04667	,05077	,796	-,1159	,2093
			T3	,09667	,05077	,299	-,0659	,2593
		T3	T0	-,31667*	,05077	,001	-,4793	-,1541
			T1	-,05000	,05077	,762	-,2126	,1126
			T2	-,09667	,05077	,299	-,2593	,0659
	Bonferro ni	T0	T1	,26667*	,05077	,005	,0900	,4433
			T2	,22000*	,05077	,015	,0434	,3966
			T3	,31667*	,05077	,001	,1400	,4933
		T1	T0	-,26667*	,05077	,005	-,4433	-,0900
			T2	-,04667	,05077	1,00 0	-,2233	,1300
			T3	,05000	,05077	1,00 0	-,1266	,2266
		T2	T0	-,22000*	,05077	,015	-,3966	-,0434
			T1	,04667	,05077	1,00 0	-,1300	,2233

			T3	,09667	,05077	,560	-,0800	,2733
		T3	T0	-,31667*	,05077	,001	-,4933	-,1400
			T1	-,05000	,05077	1,00 0	-,2266	,1266
			T2	-,09667	,05077	,560	-,2733	,0800
M_Organica_BH(HSD	T0	T1	,01667	,07079	,995	-,2100	,2434
%)	Tukey		T2	-,04000	,07079	,940	-,2667	,1867
			T3	-,09333	,07079	,577	-,3200	,1334
		T1	T0	-,01667	,07079	,995	-,2434	,2100
			T2	-,05667	,07079	,852	-,2834	,1700
			T3	-,11000	,07079	,453	-,3367	,1167
		T2	T0	,04000	,07079	,940	-,1867	,2667
			T1	,05667	,07079	,852	-,1700	,2834
			T3	-,05333	,07079	,873	-,2800	,1734
		T3	T0	,09333	,07079	,577	-,1334	,3200
			T1	,11000	,07079	,453	-,1167	,3367
			T2	,05333	,07079	,873	-,1734	,2800
	Bonferro	T0	T1	,01667	,07079	1,00 0	-,2296	,2629
	ni		T2	-,04000	,07079	1,00 0	-,2863	,2063
			T3	-,09333	,07079	1,00 0	-,3396	,1529
		T1	T0	-,01667	,07079	1,00 0	-,2629	,2296
			T2	-,05667	,07079	1,00 0	-,3029	,1896
			T3	-,11000	,07079	,953	-,3563	,1363
		T2	T0	,04000	,07079	1,00 0	-,2063	,2863
			T1	,05667	,07079	1,00 0	-,1896	,3029
			T3	-,05333	,07079	1,00 0	-,2996	,1929
		T3	T0	,09333	,07079	1,00 0	-,1529	,3396
			T1	,11000	,07079	,953	-,1363	,3563
			T2	,05333	,07079	1,00 0	-,1929	,2996
Cenizas_BH(%)	HSD	T0	T1	,24500*	,03451	,000	,1345	,3555
	Tukey		T2	,26033*	,03451	,000	,1498	,3709

			T3	,41033*	,03451	,000	,2998	,5209
	T1	T0		-,24500*	,03451	,000	-,3555	-,1345
		T2		,01533	,03451	,969	-,0952	,1259
		T3		,16533*	,03451	,006	,0548	,2759
	T2	T0		-,26033*	,03451	,000	-,3709	-,1498
		T1		-,01533	,03451	,969	-,1259	,0952
		T3		,15000*	,03451	,011	,0395	,2605
	T3	T0		-,41033*	,03451	,000	-,5209	-,2998
		T1		-,16533*	,03451	,006	-,2759	-,0548
		T2		-,15000*	,03451	,011	-,2605	-,0395
Bonferro	T0	T1		,24500*	,03451	,001	,1249	,3651
ni		T2		,26033*	,03451	,000	,1403	,3804
		T3		,41033*	,03451	,000	,2903	,5304
	T1	T0		-,24500*	,03451	,001	-,3651	-,1249
		T2		,01533	,03451	1,000	-,1047	,1354
		T3		,16533*	,03451	,008	,0453	,2854
	T2	T0		-,26033*	,03451	,000	-,3804	-,1403
		T1		-,01533	,03451	1,000	-,1354	,1047
		T3		,15000*	,03451	,015	,0299	,2701
	T3	T0		-,41033*	,03451	,000	-,5304	-,2903
		T1		-,16533*	,03451	,008	-,2854	-,0453
		T2		-,15000*	,03451	,015	-,2701	-,0299
N(mg/L)	HSD	T0	T1	-13,33333	5,33333	,134	-30,4125	3,7459
	Tukey		T2	-36,66667*	5,33333	,001	-53,7459	-19,5875
			T3	-55,00000*	5,33333	,000	-72,0792	-37,9208
		T1	T0	13,33333	5,33333	,134	-3,7459	30,4125
			T2	-23,33333*	5,33333	,010	-40,4125	-6,2541
			T3	-41,66667*	5,33333	,000	-58,7459	-24,5875
		T2	T0	36,66667*	5,33333	,001	19,5875	53,7459
			T1	23,33333*	5,33333	,010	6,2541	40,4125
			T3	-18,33333*	5,33333	,036	-35,4125	-1,2541
		T3	T0	55,00000*	5,33333	,000	37,9208	72,0792
			T1	41,66667*	5,33333	,000	24,5875	58,7459
			T2	18,33333*	5,33333	,036	1,2541	35,4125
	Bonferro	T0	T1	-13,33333	5,33333	,222	-31,8874	5,2207
	ni		T2	-36,66667*	5,33333	,001	-55,2207	-18,1126
			T3	-55,00000*	5,33333	,000	-73,5540	-36,4460
		T1	T0	13,33333	5,33333	,222	-5,2207	31,8874
			T2	-23,33333*	5,33333	,014	-41,8874	-4,7793

			T3	-41,66667*	5,33333	,000	-60,2207	-23,1126
		T2	T0	36,66667*	5,33333	,001	18,1126	55,2207
			T1	23,33333*	5,33333	,014	4,7793	41,8874
			T3	-18,33333	5,33333	,053	-36,8874	,2207
		T3	T0	55,00000*	5,33333	,000	36,4460	73,5540
			T1	41,66667*	5,33333	,000	23,1126	60,2207
			T2	18,33333	5,33333	,053	-,2207	36,8874
M_Organica_BS(%)	HSD	T0	T1	-5,09333	3,54163	,512	-16,4349	6,2482
	Tukey		T2	-7,79333	3,54163	,203	-19,1349	3,5482
			T3	-14,15667*	3,54163	,017	-25,4982	-2,8151
		T1	T0	5,09333	3,54163	,512	-6,2482	16,4349
			T2	-2,70000	3,54163	,869	-14,0415	8,6415
			T3	-9,06333	3,54163	,124	-20,4049	2,2782
		T2	T0	7,79333	3,54163	,203	-3,5482	19,1349
			T1	2,70000	3,54163	,869	-8,6415	14,0415
			T3	-6,36333	3,54163	,341	-17,7049	4,9782
		T3	T0	14,15667*	3,54163	,017	2,8151	25,4982
			T1	9,06333	3,54163	,124	-2,2782	20,4049
			T2	6,36333	3,54163	,341	-4,9782	17,7049
	Bonferro	T0	T1	-5,09333	3,54163	1,000	-17,4142	7,2276
	ni		T2	-7,79333	3,54163	,354	-20,1142	4,5276
			T3	-14,15667*	3,54163	,024	-26,4776	-1,8358
		T1	T0	5,09333	3,54163	1,000	-7,2276	17,4142
			T2	-2,70000	3,54163	1,000	-15,0209	9,6209
			T3	-9,06333	3,54163	,202	-21,3842	3,2576
		T2	T0	7,79333	3,54163	,354	-4,5276	20,1142
			T1	2,70000	3,54163	1,000	-9,6209	15,0209
			T3	-6,36333	3,54163	,661	-18,6842	5,9576
		T3	T0	14,15667*	3,54163	,024	1,8358	26,4776
			T1	9,06333	3,54163	,202	-3,2576	21,3842
			T2	6,36333	3,54163	,661	-5,9576	18,6842
Cenizas_BS(%)	HSD	T0	T1	5,09333	3,55027	,514	-6,2759	16,4626
	Tukey		T2	7,79333	3,55027	,204	-3,5759	19,1626
			T3	14,15667*	3,55027	,017	2,7874	25,5259
		T1	T0	-5,09333	3,55027	,514	-16,4626	6,2759
			T2	2,70000	3,55027	,870	-8,6692	14,0692
			T3	9,06333	3,55027	,125	-2,3059	20,4326

		T2	T0	-7,79333	3,55027	,204	-19,1626	3,5759
			T1	-2,70000	3,55027	,870	-14,0692	8,6692
			T3	6,36333	3,55027	,343	-5,0059	17,7326
		T3	T0	-14,15667*	3,55027	,017	-25,5259	-2,7874
			T1	-9,06333	3,55027	,125	-20,4326	2,3059
			T2	-6,36333	3,55027	,343	-17,7326	5,0059
	Bonferro ni	T0	T1	5,09333	3,55027	1,00 0	-7,2576	17,4443
			T2	7,79333	3,55027	,357	-4,5576	20,1443
			T3	14,15667*	3,55027	,024	1,8057	26,5076
		T1	T0	-5,09333	3,55027	1,00 0	-17,4443	7,2576
			T2	2,70000	3,55027	1,00 0	-9,6510	15,0510
			T3	9,06333	3,55027	,204	-3,2876	21,4143
		T2	T0	-7,79333	3,55027	,357	-20,1443	4,5576
			T1	-2,70000	3,55027	1,00 0	-15,0510	9,6510
			T3	6,36333	3,55027	,665	-5,9876	18,7143
		T3	T0	-14,15667*	3,55027	,024	-26,5076	-1,8057
			T1	-9,06333	3,55027	,204	-21,4143	3,2876
			T2	-6,36333	3,55027	,665	-18,7143	5,9876
P2O5(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	-26,24000*	5,07270	,004	-42,4846	-9,9954
			T2	-			-	-
				107,44333*	5,07270	,000	123,687 9	-91,1988
			T3	-			-	-
				141,75000*	5,07270	,000	157,994 6	125,505 4
		T1	T0	26,24000*	5,07270	,004	9,9954	42,4846
			T2	-81,20333*	5,07270	,000	-97,4479	-64,9588
			T3	-			-	-
				115,51000*	5,07270	,000	131,754 6	-99,2654
		T2	T0	107,44333*	5,07270	,000	91,1988	123,687 9
			T1	81,20333*	5,07270	,000	64,9588	97,4479
			T3	-34,30667*	5,07270	,001	-50,5512	-18,0621
		T3	T0	141,75000*	5,07270	,000	125,505 4	157,994 6

			T1	115,51000*	5,07270	,000	99,2654	131,7546
			T2	34,30667*	5,07270	,001	18,0621	50,5512
Bonferro ni	T0	T1	-26,24000*	5,07270	,005	-43,8873	-8,5927	
		T2	-	-	-	-		
	T3	T1	107,44333*	5,07270	,000	125,0906	-89,7960	
		T2	-	-	-	-		
	T3	T1	141,75000*	5,07270	,000	159,3973	124,1027	
		T2	-	-	-	-		
Mg(mg/L)	HSD	T1	26,24000*	5,07270	,005	8,5927	43,8873	
		T2	-81,20333*	5,07270	,000	-98,8506	-63,5560	
		T3	-	-	-	-		
	Tukey	T0	115,51000*	5,07270	,000	133,1573	-97,8627	
		T1	107,44333*	5,07270	,000	89,7960	125,0906	
		T2	81,20333*	5,07270	,000	63,5560	98,8506	
	Tukey	T3	-34,30667*	5,07270	,001	-51,9540	-16,6594	
		T0	141,75000*	5,07270	,000	124,1027	159,3973	
		T1	115,51000*	5,07270	,000	97,8627	133,1573	
Mg(mg/L)	HSD	T2	34,30667*	5,07270	,001	16,6594	51,9540	
		T3	-	-	-	-		
		T0	121,28333*	8,07847	,000	147,1534	-95,4132	
	Tukey	T2	-	-	-	-		
		T3	155,90000*	8,07847	,000	181,7701	130,0299	
		T0	-	-	-	-		
	Tukey	T1	152,06667*	8,07847	,000	177,9368	126,1966	
		T2	121,28333*	8,07847	,000	95,4132	147,1534	
		T3	-34,61667*	8,07847	,011	-60,4868	-8,7466	
Tukey	T0	-30,78333*	8,07847	,022	-56,6534	-4,9132		
	T1	155,90000*	8,07847	,000	130,0299	181,7701		
	T2	34,61667*	8,07847	,011	8,7466	60,4868		
Tukey	T3	3,83333	8,07847	,963	-22,0368	29,7034		

		T3	T0	152,06667*	8,07847	,000	126,1966	177,9368
			T1	30,78333*	8,07847	,022	4,9132	56,6534
			T2	-3,83333	8,07847	,963	-29,7034	22,0368
Bonferro ni	T0	T1		-			-	-
			121,28333*	8,07847	,000	149,3873	-93,1793	
		T2		-			-	-
			155,90000*	8,07847	,000	184,0040	127,7960	
		T3		-			-	-
			152,06667*	8,07847	,000	180,1707	123,9627	
		T1	T0	121,28333*	8,07847	,000	93,1793	149,3873
			T2	-34,61667*	8,07847	,016	-62,7207	-6,5127
			T3	-30,78333*	8,07847	,031	-58,8873	-2,6793
	T2	T0	155,90000*	8,07847	,000	127,7960	184,0040	
		T1	34,61667*	8,07847	,016	6,5127	62,7207	
		T3	3,83333	8,07847	1,000	-24,2707	31,9373	
	T3	T0	152,06667*	8,07847	,000	123,9627	180,1707	
		T1	30,78333*	8,07847	,031	2,6793	58,8873	
		T2	-3,83333	8,07847	1,000	-31,9373	24,2707	
Ca(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	-	79,52582	,021	-	-50,25370
			304,92333*				559,5930	
			T2	-	79,52582	,000	-	-
			950,13000*				1204,7997	695,4603
			T3	-	79,52582	,000	-	-
			1537,70333*				1792,3730	1283,0337
	T1	T0	304,92333*	79,52582	,021	50,25370	559,5930	
		T2	-	79,52582	,000	-	-	
			645,20667*			899,8763	390,5370	

	T3	- 1232,7800 0*	79,5258 2	,000	- 1487,44 97	- 978,110 3
	T2 T0	950,13000 *	79,5258 2	,000	695,460 3	1204,79 97
	T1	645,20667 *	79,5258 2	,000	390,537 0	899,876 3
	T3	- 587,57333 *	79,5258 2	,000	- 842,243 0	- 332,903 7
	T3 T0	1537,7033 3*	79,5258 2	,000	1283,03 37	1792,37 30
	T1	1232,7800 0*	79,5258 2	,000	978,110 3	1487,44 97
	T2	587,57333 *	79,5258 2	,000	332,903 7	842,243 0
Bonferro ni	T0 T1	- 304,92333 *	79,5258 2	,030	- 581,584 1	-28,2626
	T2	- 950,13000 *	79,5258 2	,000	- 1226,79 07	- 673,469 3
	T3	- 1537,7033 3*	79,5258 2	,000	- 1814,36 41	- 1261,04 26
	T1 T0	304,92333 *	79,5258 2	,030	28,2626	581,584 1
	T2	- 645,20667 *	79,5258 2	,000	- 921,867 4	- 368,545 9
	T3	- 1232,7800 0*	79,5258 2	,000	- 1509,44 07	- 956,119 3
	T2 T0	950,13000 *	79,5258 2	,000	673,469 3	1226,79 07
	T1	645,20667 *	79,5258 2	,000	368,545 9	921,867 4
	T3	- 587,57333 *	79,5258 2	,000	- 864,234 1	- 310,912 6
	T3 T0	1537,7033 3*	79,5258 2	,000	1261,04 26	1814,36 41

			T1	1232,7800 0*	79,5258 2	,000	956,119 3	1509,44 07	
			T2	587,57333 *	79,5258 2	,000	310,912 6	864,234 1	
K(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	- 546,61667 *	81,9598 3	,001	- 809,080 9	- 284,152 4	
			T2	- 718,80667 *	81,9598 3	,000	- 981,270 9	- 456,342 4	
			T3	- 1156,9033 3*	81,9598 3	,000	- 1419,36 76	- 894,439 1	
		T1	T0	546,61667 *	81,9598 3	,001	284,152 4	809,080 9	
			T2	- 172,19000	81,9598 3	,231	- 434,654 2	- 90,2742	
			T3	- 610,28667 *	81,9598 3	,000	- 872,750 9	- 347,822 4	
		T2	T0	718,80667 *	81,9598 3	,000	456,342 4	981,270 9	
			T1	172,19000	81,9598 3	,231	-90,2742	434,654 2	
			T3	- 438,09667 *	81,9598 3	,003	- 700,560 9	- 175,632 4	
			T3	T0	1156,9033 3*	81,9598 3	,000	894,439 1	1419,36 76
				T1	610,28667 *	81,9598 3	,000	347,822 4	872,750 9
				T2	438,09667 *	81,9598 3	,003	175,632 4	700,560 9
	Bonferro ni	T0	T1	- 546,61667 *	81,9598 3	,001	- 831,745 0	- 261,488 3	
			T2	- 718,80667 *	81,9598 3	,000	- 1003,93 50	- 433,678 3	

		T3		-	81,9598		-	-
				1156,9033	3	,000	1442,03	871,775
				3*			17	0
		T1	T0	546,61667	81,9598	,001	261,488	831,745
				*	3		3	0
		T2		-	81,9598	,413	-	112,938
				172,19000	3		457,318	3
		T3		-	81,9598	,000	-	-
				610,28667	3		895,415	325,158
				*			0	3
		T2	T0	718,80667	81,9598	,000	433,678	1003,93
				*	3		3	50
		T1		-	81,9598	,413	-	457,318
				172,19000	3		112,938	3
		T3		-	81,9598	,004	-	-
				438,09667	3		723,225	152,968
				*			0	3
		T3	T0	1156,9033	81,9598	,000	871,775	1442,03
				3*	3		0	17
		T1		610,28667	81,9598	,000	325,158	895,415
				*	3		3	0
		T2		438,09667	81,9598	,004	152,968	723,225
				*	3		3	0
Zn(mg/L)	HSD	T0	T1	-4,89333	1,61263	,063	-10,0575	,2709
	Tukey		T2	-6,63000*	1,61263	,014	-11,7942	-1,4658
			T3	-11,91333*	1,61263	,000	-17,0775	-6,7491
		T1	T0	4,89333	1,61263	,063	-,2709	10,0575
			T2	-1,73667	1,61263	,712	-6,9009	3,4275
			T3	-7,02000*	1,61263	,010	-12,1842	-1,8558
		T2	T0	6,63000*	1,61263	,014	1,4658	11,7942
			T1	1,73667	1,61263	,712	-3,4275	6,9009
			T3	-5,28333*	1,61263	,045	-10,4475	-,1191
		T3	T0	11,91333*	1,61263	,000	6,7491	17,0775
			T1	7,02000*	1,61263	,010	1,8558	12,1842
			T2	5,28333*	1,61263	,045	,1191	10,4475
	Bonferro	T0	T1	-4,89333	1,61263	,097	-10,5035	,7168
	ni		T2	-6,63000*	1,61263	,020	-12,2401	-1,0199
			T3	-11,91333*	1,61263	,000	-17,5235	-6,3032
		T1	T0	4,89333	1,61263	,097	-,7168	10,5035

			T2	-1,73667	1,61263	1,000	-7,3468	3,8735	
			T3	-7,02000*	1,61263	,015	-12,6301	-1,4099	
		T2	T0	6,63000*	1,61263	,020	1,0199	12,2401	
			T1	1,73667	1,61263	1,000	-3,8735	7,3468	
			T3	-5,28333	1,61263	,068	-10,8935	,3268	
		T3	T0	11,91333*	1,61263	,000	6,3032	17,5235	
			T1	7,02000*	1,61263	,015	1,4099	12,6301	
			T2	5,28333	1,61263	,068	-,3268	10,8935	
Fe(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	-9,55000*	2,23437	,012	-16,7052	-2,3948	
			T2	-6,60000	2,23437	,071	-13,7552	,5552	
			T3	-13,03333*	2,23437	,002	-20,1886	-5,8781	
		T1	T0	9,55000*	2,23437	,012	2,3948	16,7052	
			T2	2,95000	2,23437	,576	-4,2052	10,1052	
			T3	-3,48333	2,23437	,450	-10,6386	3,6719	
		T2	T0	6,60000	2,23437	,071	-,5552	13,7552	
			T1	-2,95000	2,23437	,576	-10,1052	4,2052	
			T3	-6,43333	2,23437	,079	-13,5886	,7219	
		T3	T0	13,03333*	2,23437	,002	5,8781	20,1886	
			T1	3,48333	2,23437	,450	-3,6719	10,6386	
			T2	6,43333	2,23437	,079	-,7219	13,5886	
		Bonferro ni	T0	T1	-9,55000*	2,23437	,016	-17,3231	-1,7769
			T2	-6,60000	2,23437	,110	-14,3731	1,1731	
			T3	-13,03333*	2,23437	,002	-20,8064	-5,2602	
			T1	T0	9,55000*	2,23437	,016	1,7769	17,3231
				T2	2,95000	2,23437	1,000	-4,8231	10,7231
				T3	-3,48333	2,23437	,946	-11,2564	4,2898
			T2	T0	6,60000	2,23437	,110	-1,1731	14,3731
				T1	-2,95000	2,23437	1,000	-10,7231	4,8231
				T3	-6,43333	2,23437	,123	-14,2064	1,3398
			T3	T0	13,03333*	2,23437	,002	5,2602	20,8064
				T1	3,48333	2,23437	,946	-4,2898	11,2564
				T2	6,43333	2,23437	,123	-1,3398	14,2064
Cu(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	-16,80667*	1,86692	,000	-22,7852	-10,8281	
			T2	-18,28667*	1,86692	,000	-24,2652	-12,3081	
			T3	-24,31333*	1,86692	,000	-30,2919	-18,3348	
		T1	T0	16,80667*	1,86692	,000	10,8281	22,7852	
		T2	-1,48000	1,86692	,856	-7,4585	4,4985		

			T3	-7,50667*	1,86692	,016	-13,4852	-1,5281
		T2	T0	18,28667*	1,86692	,000	12,3081	24,2652
			T1	1,48000	1,86692	,856	-4,4985	7,4585
			T3	-6,02667*	1,86692	,048	-12,0052	-,0481
		T3	T0	24,31333*	1,86692	,000	18,3348	30,2919
			T1	7,50667*	1,86692	,016	1,5281	13,4852
			T2	6,02667*	1,86692	,048	,0481	12,0052
	Bonferro	T0	T1	-16,80667*	1,86692	,000	-23,3014	-10,3119
	ni		T2	-18,28667*	1,86692	,000	-24,7814	-11,7919
			T3	-24,31333*	1,86692	,000	-30,8081	-17,8186
		T1	T0	16,80667*	1,86692	,000	10,3119	23,3014
			T2	-1,48000	1,86692	1,000	-7,9748	5,0148
			T3	-7,50667*	1,86692	,023	-14,0014	-1,0119
		T2	T0	18,28667*	1,86692	,000	11,7919	24,7814
			T1	1,48000	1,86692	1,000	-5,0148	7,9748
			T3	-6,02667	1,86692	,073	-12,5214	,4681
		T3	T0	24,31333*	1,86692	,000	17,8186	30,8081
			T1	7,50667*	1,86692	,023	1,0119	14,0014
			T2	6,02667	1,86692	,073	-,4681	12,5214
Mn(mg/L)	HSD	T0	T1	-11,39333*	1,68121	,001	-16,7772	-6,0095
	Tukey		T2	-9,17667*	1,68121	,003	-14,5605	-3,7928
			T3	-15,29333*	1,68121	,000	-20,6772	-9,9095
		T1	T0	11,39333*	1,68121	,001	6,0095	16,7772
			T2	2,21667	1,68121	,577	-3,1672	7,6005
			T3	-3,90000	1,68121	,172	-9,2838	1,4838
		T2	T0	9,17667*	1,68121	,003	3,7928	14,5605
			T1	-2,21667	1,68121	,577	-7,6005	3,1672
			T3	-6,11667*	1,68121	,027	-11,5005	-,7328
		T3	T0	15,29333*	1,68121	,000	9,9095	20,6772
			T1	3,90000	1,68121	,172	-1,4838	9,2838
			T2	6,11667*	1,68121	,027	,7328	11,5005
	Bonferro	T0	T1	-11,39333*	1,68121	,001	-17,2421	-5,5446
	ni		T2	-9,17667*	1,68121	,004	-15,0254	-3,3279
			T3	-15,29333*	1,68121	,000	-21,1421	-9,4446
		T1	T0	11,39333*	1,68121	,001	5,5446	17,2421
			T2	2,21667	1,68121	1,000	-3,6321	8,0654
			T3	-3,90000	1,68121	,294	-9,7487	1,9487
		T2	T0	9,17667*	1,68121	,004	3,3279	15,0254

			T1	-2,21667	1,68121	1,000	-8,0654	3,6321	
			T3	-6,11667*	1,68121	,040	-11,9654	-,2679	
		T3	T0	15,29333*	1,68121	,000	9,4446	21,1421	
			T1	3,90000	1,68121	,294	-1,9487	9,7487	
			T2	6,11667*	1,68121	,040	,2679	11,9654	
Cd(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	-,02200*	,00295	,000	-,0315	-,0125	
			T2	,02000*	,00295	,001	,0105	,0295	
			T3	,04333*	,00295	,000	,0339	,0528	
		T1	T0	,02200*	,00295	,000	,0125	,0315	
			T2	,04200*	,00295	,000	,0325	,0515	
			T3	,06533*	,00295	,000	,0559	,0748	
		T2	T0	-,02000*	,00295	,001	-,0295	-,0105	
			T1	-,04200*	,00295	,000	-,0515	-,0325	
			T3	,02333*	,00295	,000	,0139	,0328	
		T3	T0	-,04333*	,00295	,000	-,0528	-,0339	
			T1	-,06533*	,00295	,000	-,0748	-,0559	
			T2	-,02333*	,00295	,000	-,0328	-,0139	
		Bonferro ni	T0	T1	-,02200*	,00295	,000	-,0323	-,0117
				T2	,02000*	,00295	,001	,0097	,0303
				T3	,04333*	,00295	,000	,0331	,0536
			T1	T0	,02200*	,00295	,000	,0117	,0323
				T2	,04200*	,00295	,000	,0317	,0523
				T3	,06533*	,00295	,000	,0551	,0756
			T2	T0	-,02000*	,00295	,001	-,0303	-,0097
				T1	-,04200*	,00295	,000	-,0523	-,0317
				T3	,02333*	,00295	,000	,0131	,0336
			T3	T0	-,04333*	,00295	,000	-,0536	-,0331
				T1	-,06533*	,00295	,000	-,0756	-,0551
				T2	-,02333*	,00295	,000	-,0336	-,0131
Pb(mg/L)	HSD Tukey	T0	T1	,20333*	,05745	,031	,0194	,3873	
			T2	,32667*	,05745	,002	,1427	,5106	
			T3	,37000*	,05745	,001	,1860	,5540	
		T1	T0	-,20333*	,05745	,031	-,3873	-,0194	
			T2	,12333	,05745	,218	-,0606	,3073	
			T3	,16667	,05745	,076	-,0173	,3506	
		T2	T0	-,32667*	,05745	,002	-,5106	-,1427	
			T1	-,12333	,05745	,218	-,3073	,0606	
			T3	,04333	,05745	,872	-,1406	,2273	
			T3	T0	-,37000*	,05745	,001	-,5540	-,1860

	T1		-,16667	,05745	,076	-,3506	,0173
	T2		-,04333	,05745	,872	-,2273	,1406
Bonferro ni	T0	T1	,20333*	,05745	,046	,0035	,4032
		T2	,32667*	,05745	,003	,1268	,5265
		T3	,37000*	,05745	,001	,1702	,5698
	T1	T0	-,20333*	,05745	,046	-,4032	-,0035
		T2	,12333	,05745	,384	-,0765	,3232
		T3	,16667	,05745	,119	-,0332	,3665
	T2	T0	-,32667*	,05745	,003	-,5265	-,1268
		T1	-,12333	,05745	,384	-,3232	,0765
		T3	,04333	,05745	1,00 0	-,1565	,2432
	T3	T0	-,37000*	,05745	,001	-,5698	-,1702
		T1	-,16667	,05745	,119	-,3665	,0332
		T2	-,04333	,05745	1,00 0	-,2432	,1565

Anexo B, panel fotográfico.



Figura 25. Preparado del biol.



Figura 26. Etiquetado de los tratamientos.



Figura 27. Mezcla de los insumos.



Figura 28. Tapado y condicionamiento de los tratamientos.



Figura 29. Después de un mes de fermentación anaeróbica.



Figura 30. Insumos para la mineralización.



Figura 31. Tapado y sellado por 45 días.