

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



**EFFECTO DE LA BIOTA MICROBIANA EN LA CALIDAD DEL COMPOST A  
PARTIR DE *Musa paradisiaca* (PLÁTANO) EN EL CASERÍO VILLA RICA –  
HUÁNUCO, 2024**

**Tesis**

**Para optar por el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**JESUS JARA, ALEX**

**Tingo María – Perú, 2025**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°080-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de abril de 2025, a horas 7:30 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DE LA BIOTA MICROBIANA EN LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE *Musa paradisiaca* (PLÁTANO) EN EL CASERÍO VILLA RICA - HUÁNUCO, 2024.”**

Presentado por la Bachiller: **JESUS JARA, ALEX** 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, la 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, 10 de julio de 2025

  
Mblgo.M.Sc. **LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO**  
PRESIDENTE

  
Blgo. MSc. **CÉSAR AUGUSTO GOZME SULCA**  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. **MARIBEL F. ROCA CAPCHA**  
MIEMBRO



  
Dr. **LUIS EDUARDO ORE CIERTO**  
ASESOR



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

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 260 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad 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     |
|--|------------------|-----------------------------|
| EFFECTO DE LA BIOTA MICROBIANA EN LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE Musa paradisiaca (PLÁTANO) EN EL CASERÍO VILLA RICA – HUÁNUCO, 2024 | JESUS JARA, ALEX | <b>13 %</b><br><b>Trece</b> |

Tingo María, 05 de agosto de 2025

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

Dr. Tomás Menacho Mallqui  
JEFE

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



## EFECTO DE LA BIOTA MICROBIANA EN LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE *Musa paradisiaca* (PLÁTANO) EN EL CASERÍO VILLA RICA – HUÁNUCO, 2024

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Autor</b>                     | <b>: JESUS JARA, Alex</b>  |
| <b>Asesor</b>                    | <b>: Dr. ORE CIERTO, Luis Eduardo</b>                                    |
| <b>Programa de investigación</b> | <b>: Ciencia y Tecnología Ambiental</b>                                  |
| <b>Línea de investigación</b>    | <b>: Bioproducción; Aditivos, Combustible,<br/>Fertilizantes y Otros</b> |
| <b>Eje temático</b>              | <b>: Producción de Compost</b>   |
| <b>Lugar de ejecución</b>        | <b>: Caserío Villa Rica</b>  |
| <b>Duración</b>                  | <b>: 10 meses</b>  |
| <b>Financiamiento</b>            | <b>: S/.12,386.70</b>  |
| <b>FEDU</b>                      | <b>: S/.00.00</b>  |
| <b>Propio</b>                    | <b>: S/.12,386.70</b>  |
| <b>Otros</b>                     | <b>: S/.00.00</b>  |

Tingo María – Perú, 2025

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso por obsequiarme la vida, la inteligencia y las fuerzas para estar aquí, permitiéndome llegar hasta aquí profesionalmente, brindándome sabiduría y entendimiento.

A mis queridos padres, Simeon Jesus Tolentino y Mirtha Jara Venancio, por su apoyo incondicional y los valiosos consejos proporcionados durante esta etapa de mi vida. Su constante motivación ha sido fundamental, siendo una fuente de perseverancia que me impulsa a seguir adelante.

A mis hermanos Lely, Eric, Lili, Milagros y Luis por la confianza y la fe que pusieron en mí, para que yo me superara en la vida universitaria y así lograr mi meta de ser un ingeniero.

**El autor**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme todos los momentos, por estar conmigo guiando mis pasos y nunca abandonarme, aunque los momentos se ponen difíciles, encaminándome por el buen camino para llegar triunfar en la vida.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) por las enseñanzas brindadas y las numerosas lecciones de vida que he adquirido durante mi primera etapa universitaria.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Ore Cierzo, Luis Eduardo, asesor de esta investigación, por su valiosa orientación, constante apoyo y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados.

Asimismo, agradezco a los miembros del jurado, por sus valiosas observaciones, tiempo y contribuciones que enriquecieron este trabajo de investigación.

Dios, gracias por guiar cada paso de mi camino.

## ÍNDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| I.  | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
|     | 1.1. Formulación del problema .....                         | 2  |
|     | 1.1.1. Problema general .....                               | 2  |
|     | 1.1.2. Problemas específicos.....                           | 2  |
|     | 1.2. Formulación de hipótesis .....                         | 2  |
|     | 1.2.1. Hipótesis general .....                              | 2  |
|     | 1.2.2. Hipótesis específico .....                           | 2  |
|     | 1.3. Objetivos .....  | 3  |
|     | 1.3.1. Objetivo general .....                               | 3  |
|     | 1.3.2. Objetivo específico .....                            | 3  |
| II. | REVISIÓN DE BIBLIOGRÁFICA .....                             | 4  |
|     | 2.1. Antecedentes .....                                     | 4  |
|     | 2.1.1. Antecedentes locales.....                            | 4  |
|     | 2.1.2. Antecedentes nacionales.....                         | 6  |
|     | 2.1.3. Antecedentes internacionales .....                   | 7  |
|     | 2.2. Marco teórico .....                                    | 8  |
|     | 2.2.1. Los residuos solidos.....                            | 8  |
|     | 2.2.2. Residuos orgánicos .....                             | 9  |
|     | 2.2.3. Compost.....   | 9  |
|     | 2.2.4. Proceso de compostaje.....                           | 9  |
|     | 2.2.5. Fases del compostaje .....                           | 10 |
|     | 2.2.6. Factores que afectan el proceso del compostaje ..... | 12 |
|     | 2.2.7. Microorganismos enzimáticos .....                    | 14 |
|     | 2.2.8. Las propiedades físicas .....                        | 15 |
|     | 2.2.9. Los componentes químicos .....                       | 15 |
|     | 2.2.10. Los componentes biológicos .....                    | 17 |
|     | 2.2.11. Normas de calidad de los abonos orgánicos.....      | 19 |
|     | 2.3. Marco conceptual .....                                 | 22 |
|     | 2.3.1. Compost.....   | 22 |
|     | 2.3.2. Calidad del compost .....                            | 22 |
|     | 2.3.3. pH .....   | 22 |
|     | 2.3.4. Macroorganismos .....                                | 22 |
|     | 2.3.5. Materia orgánica .....                               | 23 |
|     | 2.3.6. Microorganismos .....                                | 23 |
|     | 2.3.7. Microorganismos mesófilos .....                      | 23 |
|     | 2.3.8. Mineralización .....                                 | 23 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.9. Nitrateo .....   | 23        |
| 2.3.10. Nitrógeno .....   | 23        |
| 2.3.11. Orgánico .....  | 23        |
| 2.3.12. Patógeno .....  | 24        |
| 2.3.13. Reciclaje de nutrientes .....   | 24        |
| 2.3.14. Relación C:N .....  | 24        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>  | <b>25</b> |
| 3.1. Lugar de ejecución .....   | 25        |
| 3.1.1. Ubicación política .....   | 25        |
| 3.1.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio .....   | 25        |
| 3.2. Materiales y equipos .....   | 26        |
| 3.2.1. Materiales de campo .....  | 26        |
| 3.2.2. Equipo campo .....   | 26        |
| 3.3. Criterios para analizar el estudio .....   | 26        |
| 3.3.1. Nivel de investigación .....   | 26        |
| 3.3.2. Tipo de investigación .....  | 26        |
| 3.3.3. Método de investigación .....  | 26        |
| 3.3.4. Operacionalización de variables (Anexo E) .....  | 27        |
| 3.3.5. Diseño de investigación .....  | 27        |
| 3.3.6. Población y muestra .....  | 28        |
| 3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....  | 28        |
| 3.3.8. Análisis de datos .....  | 29        |
| 3.4. Metodología .....  | 30        |
| 3.4.1. Características del área experimental .....  | 30        |
| 3.4.2. Fase instalación y preparación de materiales y los insumos .....   | 30        |
| 3.4.3. Manejo y mantenimiento manualmente .....   | 31        |
| 3.4.4. Evaluaciones en campo .....  | 31        |
| 3.4.5. Cosecha y toma de muestras .....   | 32        |
| 3.4.6. Análisis de las propiedades físicoquímicos y biológicos del suelo .....  | 32        |
| 3.4.7. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS ..... | 33        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>   | <b>34</b> |
| 4.1. Homogeneidad de varianzas .....  | 34        |
| 4.2. Prueba de hipótesis para la calidad del compost en función de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. ....   | 35        |
| 4.2.1. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función de sus propiedades físicas .....   | 35        |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función a los parámetros químicos del compost. ....   | 44 |
| 4.2.3. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función a las propiedades biológicas del compost. ....  | 73 |
| 4.3. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS..... | 79 |
| 4.3.1. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880.....  | 79 |
| 4.3.2. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167.....   | 81 |
| 4.3.3. Evaluar la calidad del compost en base a los estándares de la OMS.....  | 83 |
| V. CONCLUSIONES.....   | 85 |
| VI. PROPUESTA A FUTURO.....  | 86 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 87 |
| VIII. ANEXOS.....  | 92 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla  | Página |
|--|--------|
| 1. Distribución del microbiota durante las etapas del compostaje. ....                             | 14     |
| 2. Norma Oficial Chilena NOCh 2880 .....   | 19     |
| 3. Normas técnicas Colombia NTC 5167-2022.....   | 21     |
| 5. Criterios cuantitativos de calidad del compost de la OMS.....                                   | 22     |
| 6. Prueba de homogeneidad de varianza para los parámetros fisicoquímicos y<br>microbiológicos..... | 34     |
| 7. Análisis de varianza para la humedad del compost.....   | 35     |
| 8. Prueba de comparación de Tukey al 95% para la humedad del compost.....                          | 36     |
| 9. Análisis de varianza para la materia Seca del compost. ....                                     | 38     |
| 10. Prueba de comparación de Tukey al 95% para la materia Seca del compost.....                    | 39     |
| 11. Análisis de varianza para la materia orgánica del compost.....                                 | 40     |
| 12. Prueba de comparación de Tukey al 95% para la materia orgánica del compost. ....               | 41     |
| 13. Análisis de varianza para las cenizas del compost. ....  | 43     |
| 14. Prueba de comparación de Tukey al 95% para las cenizas (%) del compost. ....                   | 43     |
| 15. Análisis de varianza para el pH del compost.....   | 45     |
| 16. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el pH del compost. ....                             | 46     |
| 17. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica del compost. ....                         | 48     |
| 18. Prueba de comparación de Tukey al 95% para la conductividad eléctrica del<br>compost. ....     | 49     |
| 19. Análisis de varianza para el carbono del compost.....  | 51     |
| 20. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el carbono del compost. ....                        | 51     |
| 21. Análisis de varianza para el nitrógeno del compost. ....                                       | 53     |
| 22. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el nitrógeno del compost.....                       | 53     |
| 23. Análisis de varianza para la relación C/N del compost. ....                                    | 55     |
| 24. Prueba de comparación de Tukey al 95% para la Relación C/N del compost. ....                   | 55     |
| 25. Análisis de varianza para el fosforo del compost. ....   | 57     |
| 26. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el fosforo del compost.....                         | 57     |
| 27. Análisis de varianza para el calcio del compost. ....  | 59     |
| 28. Análisis de varianza para el magnesio del compost. ....  | 60     |
| 29. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el magnesio del compost.....                        | 60     |

|   |    |
|---|----|
| 30. Análisis de varianza para el sodio del compost.....                                   | 62 |
| 31. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el sodio del compost.....                  | 62 |
| 32. Análisis de varianza para el potasio (%) del compost.....                             | 64 |
| 33. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el Potasio del compost. ....               | 64 |
| 34. Análisis de varianza para el zinc (ppm) del compost. ....                             | 66 |
| 35. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el zinc del compost.....                   | 66 |
| 36. Análisis de varianza para el hierro del compost. ....                                 | 67 |
| 37. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el hierro del compost.....                 | 68 |
| 38. Análisis de varianza para el cobre del compost.....                                   | 70 |
| 39. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el cobre del compost. ....                 | 70 |
| 40. Análisis de varianza para el manganeso del compost. ....                              | 72 |
| 41. Prueba de comparación de Tukey al 95% para el manganeso del compost. ....             | 72 |
| 42. Resultados del análisis microbiológico para Coliformes Totales.....                   | 74 |
| 43. Resultados del análisis microbiológico de Actinomicetos. ....                         | 74 |
| 44. Análisis de varianza para Levaduras y Mohos del compost.....                          | 74 |
| 45. Prueba de comparación de Tukey al 95% para Levaduras y Mohos del compost. ....        | 75 |
| 46. Análisis de varianza para actinomicetos del compost. ....                             | 77 |
| 47. Prueba de comparación de Tukey al 95% para actinomicetos del compost.....             | 77 |
| 48. Clasificación de la calidad del compost según la norma NCh 2880. ....                 | 79 |
| 49. Clasificación final de la calidad del compost según la Norma Chilena NCh<br>2880..... | 80 |
| 50. Clasificación de la calidad del compost según la Norma NTC 5167. ....                 | 81 |
| 51. Clasificación final del compost según la Norma Técnica Colombiana NTC<br>5167.....    | 82 |
| 52. Clasificación de la calidad del compost según la OMS. ....                            | 83 |
| 53. Clasificación final de la calidad del compost según la OMS. ....                      | 84 |
| 54. Resultados de análisis microbiológicas del compost.....                               | 93 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figuras  | Página |
|--|--------|
| 1. Comportamiento de la biota microbiana en el compostaje en relación con el tiempo..... | 12     |
| 2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....                            | 13     |
| 3. Mapa de ubicación política de la ejecución del proyecto.....                          | 25     |
| 4. Gráfica de medias para la humedad de compost.....                                     | 37     |
| 5. Gráfica de medias para la materia seca del compost.....                               | 39     |
| 6. Grafica de medias para la materia orgánica de compost.....                            | 42     |
| 7. Gráfica para las cenizas del compost.....   | 44     |
| 8. Grafica de medias para pH del compost.....  | 47     |
| 9. Grafica de medias para la conductividad eléctrica (uS/cm) del compost.....            | 50     |
| 10. Grafica de medias para el Carbono (%) del compost.....                               | 52     |
| 11. Gráfico de medias para el contenido de nitrógeno (%) del compost.....                | 54     |
| 12. Gráfico de medias para la relación C/N del compost.....                              | 56     |
| 13. Gráfico de medias para el fósforo (%) del compost.....                               | 58     |
| 14. Gráfico de medias para el calcio (%) del compost.....                                | 59     |
| 15. Gráfico de medias para el magnesio (%) del compost.....                              | 61     |
| 16. Gráfico de medias para el sodio (%) del compost.....                                 | 63     |
| 17. Gráfico de medias para el potasio (%) del compost.....                               | 65     |
| 18. Gráfico de medias para el zinc (ppm) del compost.....                                | 67     |
| 19. Gráfico de medias para el hierro (ppm) en el compost.....                            | 69     |
| 20. Gráfico de medias para el cobre (ppm) en el compost.....                             | 71     |
| 21. Gráfico de medias para el manganeso (ppm) en el compost.....                         | 73     |
| 22. Gráfico de medias para levaduras y mohos (UFC/g) en el compost.....                  | 76     |
| 23. Gráfico de medias para actinomicetos (UFC/g) en el compost.....                      | 78     |
| 24. Resultados del análisis físico y químicos del compost.....                           | 92     |
| 25. Instalación de la estructura para el compostaje.....                                 | 93     |
| 26. Instalación de la estructura para el compostaje.....                                 | 94     |
| 27. Preparación de la solución con microorganismos eficientes.....                       | 94     |
| 28. Medición de melaza y microorganismos para activación microbiana.....                 | 95     |

|  |    |
|--|----|
| 29. Activación de microorganismos eficientes para los 4 tratamientos durante siete días..... | 95 |
| 30. Triturado y disposición del material en la compostera.....                               | 96 |
| 31. Registro de temperatura y humedad durante el proceso.....                                | 96 |
| 32. Registro de temperatura y humedad durante el proceso.....                                | 97 |
| 33. Observación de la evolución de la materia orgánica. ....                                 | 97 |
| 34. Extracción de muestras representativas del compost. ....                                 | 98 |
| 35. Pesado de muestras y rotuladas para análisis de laboratorio.....                         | 98 |
| 36. Muestras rotuladas para análisis de laboratorio.....                                     | 99 |

## RESUMEN

El presente estudio, titulado Efectos de la biota microbiana en la calidad del compost a partir de *Musa paradisiaca* (Plátano) en el caserío de Villa Rica – Leoncio Prado, se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA) con la aplicación de la biota microbiana (microorganismos eficientes) en distintos tratamientos y un grupo control. Durante el proceso de compostaje, se monitorearon los parámetros de temperatura, pH y humedad con el objetivo de evaluar el efecto de la biota microbiana en la calidad del compost, considerando sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas, la cual confirmó que los datos provienen de una población normal, permitiendo la aplicación de un análisis de varianzas (ANOVA) de un factor para cada parámetro, complementado con la prueba de Tukey al 95% de confianza. Los resultados evidenciaron que los tratamientos T3 y T2 presentaron una influencia significativa (Sig.<0.05) sobre la calidad del compost en comparación con los demás tratamientos y el grupo control, destacándose por sus mejores características. Según las normativas NOCh-2880, NTC 5167/2011 y la OMS, los tratamientos T3 y T2 se clasifican como compost de clase A y de buena calidad, siendo aptos para su uso agrícola. Además, los resultados microbiológicos confirmaron la ausencia de patógenos, como Coliformes Totales y E. Coli. Asimismo, la incorporación de biota microbiana en el proceso de compostaje generó un incremento en los niveles de humedad, materia orgánica, materia seca, nitrógeno (N), fósforo (P), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), magnesio (Mg) y manganeso (Mn) en el compost final, en comparación con el compost sin la aplicación de biota microbiana.

**Palabras claves:** Calidad, Microorganismos Eficientes, Biota microbiana, Compost, Parámetros.

## ABSTRACT

The present study, titled “Effects of Microbial Biota on the Quality of Compost Derived from *Musa paradisiaca* (Banana) in the Village of Villa Rica – Leoncio Prado,” was conducted under a completely randomized design (CRD) applying microbial biota (efficient microorganisms) across various treatments and a control group. Throughout the composting process, parameters such as temperature, pH, and moisture were monitored in order to assess the effect of microbial biota on compost quality, considering its physicochemical and microbiological properties. A homogeneity of variance test confirmed that the data followed a normal distribution, allowing the application of a one-way analysis of variance (ANOVA) for each parameter, complemented by Tukey’s test at a 95% confidence level. The results showed that treatments T3 and T2 had a significant influence ( $p < 0.05$ ) on compost quality compared to the other treatments and the control group, standing out due to their superior characteristics. According to the standards NOCh-2880, NTC 5167/2011, and those of the WHO, treatments T3 and T2 qualify as Class A compost of good quality, suitable for agricultural use. Moreover, microbiological analyses confirmed the absence of pathogens such as Total Coliforms and *E. coli*. The incorporation of microbial biota into the composting process also led to increased levels of moisture, organic matter, dry matter, nitrogen (N), phosphorus (P), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), magnesium (Mg), and manganese (Mn) in the final compost, compared to compost produced without microbial biota.

**Keywords:** Quality, Efficient Microorganisms, Microbial biota, Compost, Parameters.

## I. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, enfrentamos una variedad de problemas ambientales, y uno de los más prevalentes son los relacionados con las gestiones residuos sólidos. En Perú, el cultivo de plátano es una actividad agrícola de gran importancia, especialmente en regiones como San Martín, Piura, Ucayali, Loreto y Huánuco, donde se produce una cantidad significativa de plátano para consumo local y exportación. Sin embargo, el problema más común que enfrentan los agricultores es el manejo de los residuos generados, especialmente los tallos y hojas de la planta, que se desechan de manera inadecuada.

Frente a esta problemática, han surgido diversas alternativas tecnológicas y metodológicas, como el compostaje, que sirve para aprovechar los residuos orgánicos, buscando gestionar el reciclaje y agregar valor a estos desechos. Se debe tomar en cuenta que este proceso de compostar actualmente muestra desafíos, como los olores peculiares desagradables y la falta de tener consideración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del compost, especialmente para su uso agrícola directo.

El uso de la biota microbiana (microorganismos eficientes) en el compostaje de estos residuos ofrece una solución sostenible, acelerando la descomposición y mejorando la calidad del compost generado, enriquecido con nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Estos minerales son fundamentales para proporcionar nutrientes esenciales y favorecer el desarrollo óptimo de las plantas, lo que contribuiría a reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la biota microbiana en la calidad del compost a partir de residuos del pseudo tallo de *Musa paradisiaca* (plátano), contribuyendo de este modo a una alternativa sostenible para la gestión de residuos agrícolas, en favor del bienestar de la población.

En conclusión, la hipótesis propuesta es la siguiente: Existen diferencias significativas del impacto que la biota microbiana tiene en la calidad del compost derivado a partir de *Musa paradisiaca* (plátano) en Villa Rica, Leoncio Prado.

## **1.1. Formulación del problema**

### **1.1.1. Problema general**

¿Qué efecto tiene la biota microbiana en la calidad del compost elaborado a partir de *Musa paradisiaca* en Villa Rica, provincia de Leoncio Prado, 2024?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Qué efecto tiene la biota microbiana sobre las propiedades físicas del compost elaborado a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado?

¿Qué efecto tiene la biota microbiana sobre las propiedades químicas del compost elaborado a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado?

¿Qué efecto tiene la biota microbiana sobre las propiedades biológicas del compost elaborado a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado?

¿Cuál será la calidad del compost según los criterios establecidos en la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS?

## **1.2. Formulación de hipótesis**

### **1.2.1. Hipótesis general**

Existen diferencias significativas en los efectos de la biota microbiana sobre la calidad del compost elaborado a partir de *Musa paradisiaca* en Villa Rica, Leoncio Prado, 2024

### **1.2.2. Hipótesis específico**

Existen diferencias significativas en los efectos de la biota microbiana sobre la calidad de las propiedades físicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Existen diferencias significativas en los efectos de la biota microbiana sobre la calidad de las propiedades químicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Existen diferencias significativas en los efectos de la biota microbiana sobre la calidad de las propiedades biológicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Al menos un tratamiento cumple con los criterios establecidos en la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar los efectos de la biota microbiana en la calidad del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado, 2024

#### **1.3.2. Objetivo específico**

Determinar el efecto de la biota microbiana en la calidad de las propiedades físicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Determinar el efecto de la biota microbiana en la calidad de las propiedades químicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Determinar el efecto de la biota microbiana en la calidad de las propiedades biológicas del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

Evaluar la calidad del compost según los criterios establecidos en la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes locales

Juan de Dios, H. (2019), en su tesis “Calidad de compost elaborado a partir de RSO elaborado en el caserío de marona, tingo maría – región Huánuco” teniendo por objetivo conocer la calidad del producto(compost) a partir de RSO en el caserío de Marona, la investigación fue realizado en una planta compostera, El procedimiento consistió en realizar muestreo de compost en este caso 3 pilas usando el proceso de cuarteo y se analizaron las características fisicoquímicas y biológicas; llegando a resultados obtenidos que se compararon posteriormente con las norma chilena, para catalogar la calidad. Resultado donde se tuvo en cuenta a las características físicas, el compost está en el rango de calidad calificado como A, en base a las características químicas de este compost está en el rango de calidad A, pero teniendo excepciones en el parámetro químico del cadmio, al superar los límites permisibles no puede utilizarse en la agricultura orgánica y en caso de características biológicas, se obtuvo una calidad A por no presentar signos coliformes fecales y tampoco signos de Salmonella sp. Por los que se llegó a concluir detallando que el producto(compost) en un 70% catalogando como clase A (buena calidad).

Bailon, R. (2021), en su tesis “Caracterización física y química de la calidad de compost elaborado en Rupa Rupa, Leoncio Prado-Huánuco 2019 – 2020” se tomaron en cuenta propiedades físicas y químicas y se propuso analizar las propiedades de los compost producidos a variadas dosis de microorganismos obtenidos en Tingo María. La metodología planteada es un estudio no experimental con un enfoque (DCA), donde todos los grupos trabajados son los siguientes: el compost Alborada, M&F Orgánicos, CAC-Divisoria y compost comercial formulado, compost de residuos municipal. Se determino las propiedades físicoquímicos: % humedad y cenizas, pH, (NPK) y se comparó con las normas para determinar su calidad se determinó según la NTC 5167), (NOCh 2880) y teniendo en cuenta la OMS. Resultados muestran no tener diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas, excepción del N según las normas establecidas de la calidad de compost, NTC y OMS y la NOCh da a clasificar en una calidad mediana. Llegando a una conclusión que los compost elaborados en Tingo María tienen calidad normal.

Rios, V. (2022), en su tesis titulada “Calidad del producto (compost) a partir de de RSO en la provincia leoncio prado 2022”, el estudio obtuvo o determino los distritos que uso al momento de compostar y realizo análisis de propiedades fitoquímicas de producto final comparando con normas ya establecidas. Resultado que seis propiedades fisicoquímicas presentan variación, pero solo el Cobre se mantiene constante. Obteniendo rangos mayores de humedad, pH y materia orgánica y menores índices de P, Ca, y Potasio(K). Llegando a una conclusión que los compost elaborados en diez distritos seis de estos están en rangos de calidad media, esto comparando con la (NCH 2880), etc,

En su estudio Vidal, L (2024), desarrolló la investigación titulada “Evaluación de microorganismos eficientes (ME) en la descomposición de residuos orgánicos (RO) y producción de compost en Castillo Grande, Huánuco”, cuyo propósito fue analizar el efecto de microorganismos eficientes, obtenidos de diversas fuentes, en la descomposición de residuos orgánicos y su influencia en las propiedades del compost resultante. El trabajo se llevó a cabo bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos (Compost1, Compost2 y Compost3), cada uno replicado tres veces. Se evaluaron variables como el tiempo de descomposición y parámetros químicos del compost. Aunque no se hallaron diferencias estadísticas significativas en los tiempos de degradación entre tratamientos, sí se observaron variaciones relevantes en ciertos parámetros químicos. El tratamiento Compost1 fue el más destacado, al presentar el menor tiempo de degradación y los valores más altos en materia orgánica seca, humedad, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, sodio, zinc y manganeso, cumpliendo en su mayoría con los requisitos de la Norma Técnica Peruana. En contraste, Compost3 mostró las concentraciones más elevadas de calcio y hierro. La investigación concluye que los microorganismos eficientes provenientes de hojarasca resultan eficaces para la descomposición de residuos orgánicos, generando compost de calidad en menor tiempo.

Bailón, M. R., y Florida, N. (2021), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de caracterizar y evaluar las propiedades de los compost elaborados y comercializados en el distrito de Rupa Rupa, región Huánuco, Perú. Utilizando un diseño no experimental de tipo correlacional con análisis estadístico aleatorizado, se evaluaron variables físicas como la humedad, y químicas como cenizas, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso y zinc en distintos tipos de compost: Alborada (CAL), M&F Orgánicos (CMF), residuos municipales (CML), cooperativa Divisoria (CCD) y compost comercial formulado (CCF). Los resultados indicaron que, de acuerdo con los criterios de la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167) y la Organización

Mundial de la Salud (OMS), los compost analizados se consideran de buena calidad. No obstante, según la Norma Oficial Chilena (NOCh 2880), estos productos son clasificados como de calidad media. Se concluyó que la NOCh ofrece criterios más rigurosos para la clasificación del compost, siendo una referencia útil en contextos donde no existen normativas específicas.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Poccori, J. (2022), en su tesis titulada “Microorganismos eficaces (ME), enriquecido con roca fosfórica en las propiedades del compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla, Grau” teniendo por objetivo conocer cómo influye la biota ME agregando también la roca fosfórica en las propiedades del producto (compost) de RSOM en Chuquibambilla – Grau, La investigación es experimental, utiliza un (DBCA) usando 3 grupos tratados y un testigo. Se realizó las pruebas estadísticas para determinar cómo varían los datos obtenidos del análisis de laboratorio, llegando a una conclusión de que los datos son normales, ejecutando la prueba o análisis estadística el ANOVA  $p < 0.05$  y usando Tukey con un error de 5%. Teniendo por resultados del análisis, se muestran una relación positiva significativa, es decir hay una influencia consistente (Sig.  $< 0.05$ ) entre los grupos tratados: T1=3 L, T2=2 L, T3=1 L) y T4 0L (testigo). Mostrando que T2=2 tiene una influencia superior en calidad de las propiedades físicoquímicas y biológicas del compost, catalogando como calidad B según (NOCh – 2880) y también comparando con la (NTC 5167/2011). La calidad de las propiedades físicoquímicas y biológicas del compost fueron catalogados como uso apto de utilizarlo en la agricultura.

Reyes, K. C. (2022), en su tesis titulada “Capacidad de producción del compost a partir de residuos sólidos – provincia de Chupaca”, analizó la viabilidad de producir compostaje realizado con desechos orgánicos provenientes de residuos sólidos urbanos, considerando el efecto del tamaño de las partículas en el proceso. Para ello, se empleó un diseño experimental con recipientes de 20 litros, utilizando una mezcla de 4 kg de residuos, 2 kg de estiércol y 0.6 kg de aserrín. Los resultados indicaron que el compost obtenido presentó un pH adecuado (7.27-8.29), conductividad eléctrica entre 5.145 y 5.56 dS/m, así como niveles óptimos de materia orgánica (45.59 %-86.51 %) y nutrientes esenciales como N, K y P. Se determinó que el tiempo óptimo de compostaje fluctuó entre 16 y 19 días, dependiendo del tamaño de las partículas. Además, la generación per cápita de residuos domiciliarios fue de 0.50 kg/Hab/día, lo que resultó en una producción total de 13.892 toneladas diarias a nivel municipal. Finalmente, se concluyó que el compost se ajustó a los requisitos de calidad

definidos por las normativas vigentes como la NTC, NCh 2880, IIAP y la OMS, lo que confirma su viabilidad para su uso en aplicaciones agrícolas.

Castillo, L. C. (2020), en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del compost con el uso de microorganismos eficaces (EM) elaborados con residuos orgánicos”, investigó las características del compost obtenido de una mezcla de estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, utilizando tres dosis del 5% de microorganismos eficaces (EM) en Huayucachi, Huancayo. El estudio empleó un diseño experimental completamente aleatorio con 12 composteras (0.8 m x 0.6 m), evaluando parámetros como temperatura, pH, humedad y CE. Los resultados de los análisis en el laboratorio de la UNALM demostraron que el compost alcanzó los estándares de calidad para humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) y metales como el cobre, según las normativas de la Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-Iquitos y EPA-Australia. Sin embargo, los niveles de cadmio y zinc excedieron los límites establecidos por la EPA-Australia y la Norma Técnica Chilena, con valores superiores a 1 ppm. La investigación concluyó que la aplicación de microorganismo eficientes (EM) mejoró parámetros como la humedad, conductividad eléctrica, así como los contenidos de calcio, cobre, zinc, cadmio, cromo y la relación C:N, en comparación con el compost sin la adición de microorganismos eficaces (EM).

### **2.1.3. Antecedentes internacionales**

Pérez (2020), en su investigación titulada “Análisis de la calidad del compost y el impacto de la implementación de (Bio-Heral) en la fabricación de abono, a partir de los desechos orgánicos de la finca ‘Los Recuerdos’ en la vereda Guaracura del municipio de San Luis de Palenque, Colombia”, examinó la calidad del compost y el efecto de la utilización de (Bio-Heral) en la elaboración del compost a partir de los desechos orgánicos de dicha finca. planteado era conocer la influencia de (Bio-Heral) la calidad del compost teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas, que se produce en la localidad. mezclo 20%, 15% seguido de una concentración de 10% de ME en una porción o volumen de 100 ml de agua y usando un testigo para diferenciar. Llegando a una conclusión de que no se obtuvieron varias significativas entre los datos analizados de cada propiedad. Todos los grupos donde se le añadieron ME tienen los siguientes resultados muy similares o con poca diferenciación que no se tomaron en cuenta.

Teshome, Z. T. (2022), en su investigación, analizó el impacto del compost

elaborado a partir de cáscara de plátano en el crecimiento y rendimiento de la acelga, en un invernadero del Centro de Investigación Agrícola Kulumsa, Etiopía. El estudio partió del aumento de generación de residuos sólidos domésticos debido al incremento poblacional, destacando su potencial uso en la agricultura orgánica. Se utilizó un diseño de bloques completos aleatorios, evaluando parámetros químicos del compost y del suelo. Se aplicaron tres dosis diferentes de compost (10, 20 y 30 g) y se midieron nutrientes esenciales como n, k, p, ca, mg, S y micronutrientes. Los resultados evidenciaron una notable mejora en el desarrollo de las plantas tratadas con compost, con mayor altura, mayor cantidad de hojas, mayor área foliar y peso fresco y seco en comparación con aquellas que no recibieron compost. En conclusión, el uso de compost de cáscara de plátano favoreció significativamente el desarrollo y rendimiento de la acelga.

Basurto, A. M., Vélez, G. M. y Chicaiza, J. G. (2024), en su estudio para mejorar las propiedades del compost mediante la incorporación de bacterias del género *Bacillus* (*Bacillus albus* y *Bacillus wiedmannii*). La investigación se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL), en Calceta, provincia de Manabí, Ecuador. Se evaluó el proceso de compostaje de pseudotallo de plátano y cáscaras de cacao en cuatro tratamientos experimentales. Los resultados indicaron que la aplicación de *Bacillus wiedmannii* y *Bacillus albus* mejoró significativamente las propiedades del compost, incrementando en las propiedades como el NPK. Asimismo, las pruebas de germinación en semillas de pepino evidenciaron la ausencia de fitotoxicidad, lo que confirma su viabilidad para el uso agrícola.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Los residuos solidos**

Se caracterizan por ser materiales que carecen de un valor directo, lo que obliga a quienes los generan a buscar su eliminación. Estas sustancias, ya sea en estado sólido o semisólido, tienen el potencial de causar enfermedades y daños al medio ambiente si no se gestionan adecuadamente (INEI., 2019).

Según el Decreto Legislativo N° 1278, los residuos se clasifican, de acuerdo con el manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, y según la autoridad competente para su gestión, en municipales y no municipales. Según su nivel de descomposición, los residuos se clasifican en biodegradables y no biodegradables. Los primeros provienen de recursos naturales renovables, como frutas, restos de cultivos y estiércol animal; mientras que

los segundos se originan a partir de recursos no renovables, como plásticos (derivados del petróleo), latas y chatarra (procedentes de metales), así como el vidrio.

### **2.2.2. Residuos orgánicos**

Los residuos que tienen características de descomponerse de manera natural, exhibiendo la habilidad de desintegrarse y formar materia orgánica (Mantra, 2014).

### **2.2.3. Compost**

Penagos et al. (2011) proceso donde se obtiene una materia rica en nutrientes esto con la ayuda de ME, pasan por un proceso de degradación para obtener materia orgánica.

El compostaje es la descomposición controlada de materia orgánica en un entorno aeróbico. Este proceso tiene como finalidad principal enriquecer el contenido de nutrientes del suelo y para el desarrollo de las plantas (FAO 2020).

### **2.2.4. Proceso de compostaje**

#### **a) Recolección**

Se juntan residuos orgánicos como restos de cocina, hojas secas o tallos de plátano.

#### **b) Trituración**

Se corta el material en trozos pequeños para facilitar la descomposición.

#### **c) Mezcla**

Se combinan residuos húmedos (ricos en nitrógeno) y secos (ricos en carbono) en proporción adecuada.

#### **d) Formación de pilas**

Se coloca la mezcla en una pila, caja o compostera para iniciar el proceso.

#### **e) Control**

Se verifica la humedad (debe ser como una esponja mojada) y la temperatura.

#### **f) Volteo periódico**

Se remueve la pila cada cierto tiempo para oxigenarla y acelerar la descomposición.

#### **g) Maduración**

Se deja reposar la mezcla hasta que se estabilice y adquiera olor a tierra.

#### h) **Cosecha**

Se tamiza el compost para separar restos no descompuestos y obtener un producto fino y uniforme.

El empleo de compost que no ha pasado por un proceso de descomposición completo puede implicar diversos riesgos, como:

- a) **Fitotoxicidad:** El nitrógeno en forma de amonio se transforma en amoníaco bajo calor y humedad, produciendo toxicidad y olores desagradables.
- b) **Bloqueo biológico del nitrógeno:** La relación desequilibrada de carbono-nitrógeno agota el nitrógeno del suelo.
- c) **Reducción de oxígeno radicular:** El proceso consume oxígeno del suelo, afectando a las plantas.
- d) **Contaminación y exceso de nutrientes:** La infiltración de nitratos contamina aguas y perjudica la calidad de los cultivos.

#### 2.2.5. Fases del compostaje

##### a) **Mesofílica (20-40 °C)**

El compostaje de residuos orgánicos inicia a temperatura ambiente, pero con el paso de los días, la temperatura se eleva como resultado de la intensa actividad de los microorganismos que degradan compuestos simples de carbono y nitrógeno, generando calor. Durante este periodo, destacan los microorganismos pertenecientes a la familia *Nocardiaceae*, y su duración oscila entre 2 y 8 días.

##### b) **Termofílica (40-60 °C).**

Al superar los 45 °C, los residuos experimentan una transición acelerada de microorganismos mesófilos a termófilos. Las bacterias adaptadas a temperaturas moderadas son sustituidas por especies capaces de tolerar altas temperaturas, como las bacterias termófilas, responsables de degradar compuestos más complejos como la celulosa y la lignina. En esta etapa, el nitrógeno se transforma en amoníaco, lo que incrementa el pH del material. Su duración varía desde algunos días hasta varios meses, en función del tipo de residuos, el clima y otros factores. Además, el calor generado elimina microorganismos patógenos como

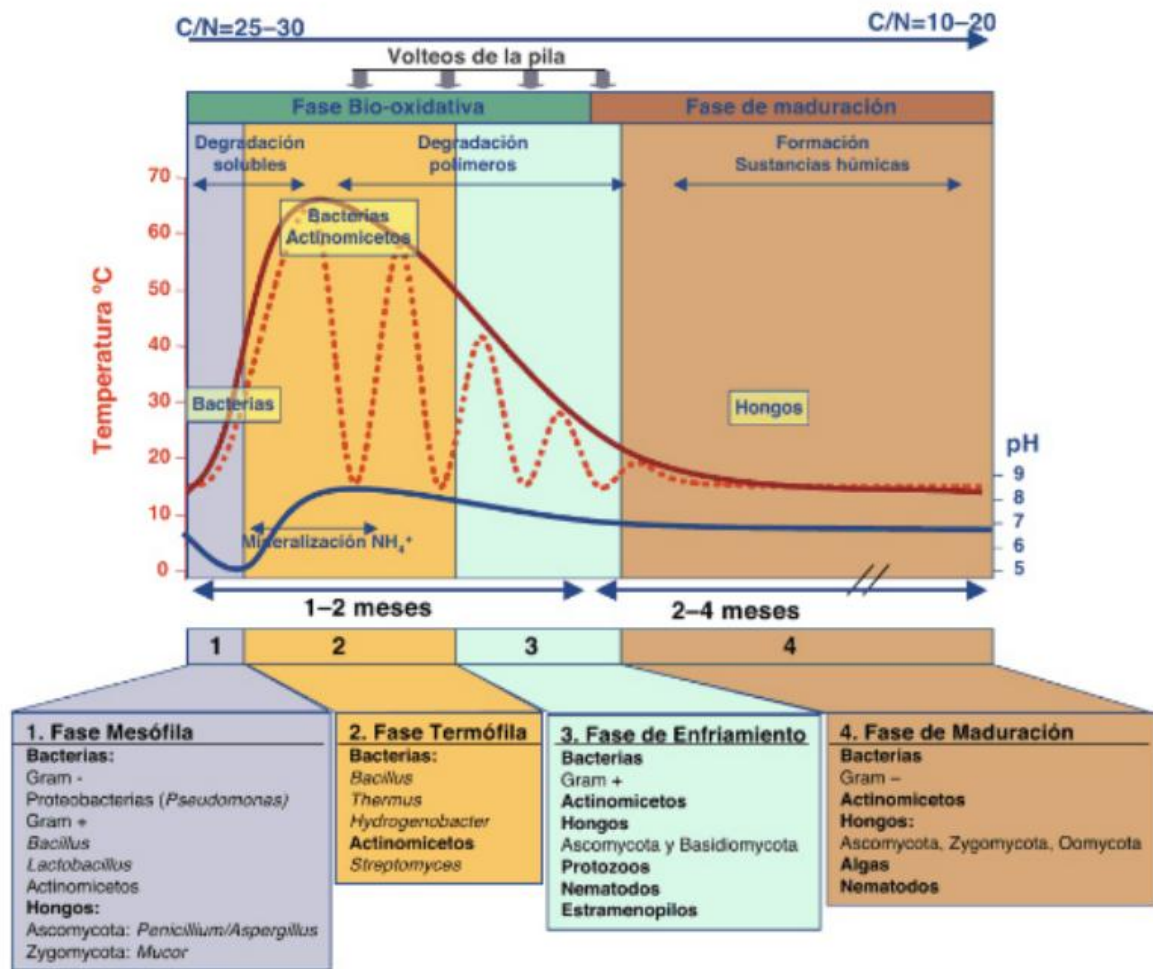
*Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, alcanzando temperaturas de hasta 60 °C.

**c) Enfriamiento o mesófila II (40-45 °C).**

Cuando los recursos de carbono y nitrógeno comienzan a agotarse, la temperatura del compost desciende a un rango de 40 a 45 °C. En esta etapa persiste la descomposición de compuestos como la celulosa, y es frecuente la aparición de hongos. Esta fase puede prolongarse durante varias semanas y, en algunos casos, se puede confundir con la etapa de maduración.

**d) Maduración (50-20 °C).**

En la etapa final, el compost debe conservarse a temperatura ambiente. En esta fase no se producen reacciones secundarias importantes, como la condensación o polimerización de compuestos de carbono, lo que favorece la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.



**Figura 1.** Comportamiento de la biota microbiana en el compostaje en relación con el tiempo.

### 2.2.6. Factores que afectan el proceso del compostaje

#### a) pH.

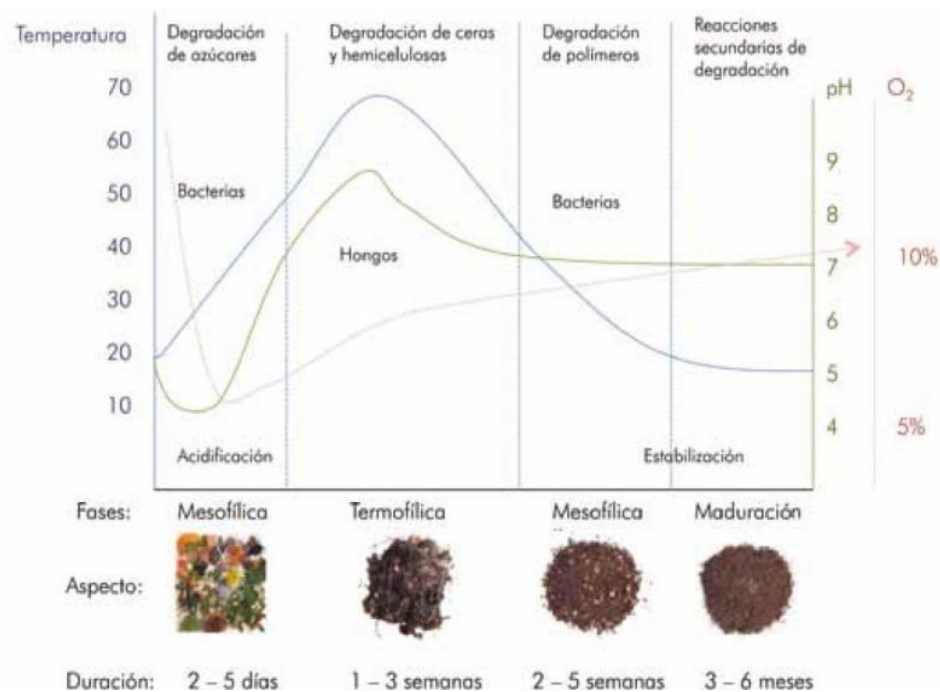
La disminución del pH en la etapa inicial del compostaje se debe a la liberación de ácidos orgánicos provenientes de la materia en descomposición. A medida que el proceso avanza, estos ácidos se degradan, generando bases y liberando amoníaco, lo que contribuye al aumento del pH. En el compostaje de broza de café, se ha registrado un incremento del pH desde 4.4 hasta 8.25 en el producto final. En algunos casos, los niveles pueden elevarse aún más, como en el compost de residuos de banano, donde se han reportado valores de pH de hasta 10 (Castillo 2020).

#### b) Humedad.

La humedad del compost generalmente disminuye conforme avanza el proceso, influida por factores como el volteo y el clima. No obstante, un estudio en Turrialba mostró que, durante diciembre y enero, la humedad del compost de broza de café bajo techo aumentó, a pesar de realizar volteos cada dos días. Esto se atribuyó a la alta humedad inicial del material y a las condiciones ambientales. Un exceso de humedad puede impedir una adecuada oxigenación, reduciendo la actividad microbiana aeróbica y generando condiciones que favorecen la pérdida de nitrógeno por desnitrificación (Castillo, 2020).

### c) Temperatura.

El aumento de temperatura en el compostaje es consecuencia de la intensa actividad microbiana involucrada en la descomposición de los materiales orgánicos. Las temperaturas entre 45 y 55 °C aceleran la descomposición, mientras que valores inferiores a 45 °C favorecen una mayor diversidad microbiana y reducen la volatilización del nitrógeno. Un ejemplo de compostaje controlado es el bocashi, donde la temperatura no supera los 45 °C precisamente para preservar la diversidad microbiana y minimizar la pérdida de nitrógeno. (Castillo 2020).



**Figura 2.** Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.

### 2.2.7. Microorganismos enzimáticos

De acuerdo con la ficha técnica, los microorganismos enzimáticos o la biota microbiana presentes en el concentrado de biotas benéficas constituyen un complemento polifuncional formulado con microorganismos eficientes y seguros.

#### Composición

##### a) Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.*) $2.5 \times 10^5$ UFC/ml

Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos (ej. ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energías.

##### b) Bacterias Acido Lácticas (*Lactobacillus spp.*) $1.0 \times 10^5$ UFC/ml

Estas bacterias producen ácido láctico, un agente esterilizante de alta potencia que inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos y favorece la descomposición de compuestos complejos como la lignina y la celulosa mediante fermentación, eliminando efectos adversos asociados a la materia orgánica no estabilizada.

##### c) Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias fijadoras de nitrógeno cumplen una función fundamental en la descomposición de la materia orgánica al convertir el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) en formas asimilables por las plantas, como el ion amonio ( $NH_4^+$ ) y los nitratos ( $NO_3^-$ ). Su actividad es crucial en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, favoreciendo la fertilidad del suelo y mejorando la disponibilidad de nutrientes en el compost.

##### d) Levaduras (*Saccharomycetes spp.*) $2.0 \times 10^3$ UFC/m

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares. El aumento de poblaciones de estas bacterias (*Saccharomycetes spp.*) en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en el suelo.

**Tabla 1.** Distribución del microbiota durante las etapas del compostaje.

| Microorganismos     | Etapas de compostaje      |                            |                           | N° especies |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|
|                     | Mesofílica<br>(20°C-40°C) | Termofílica<br>(40°C-70°C) | Mesofílica<br>(70°C-20°C) |             |
| Bacterias mesófilas | 100000000                 | 1000000                    | 1E+11                     | 6           |

|                          |         |            |          |    |
|--------------------------|---------|------------|----------|----|
| Bacterias termófilas     | 10000   | 1000000000 | 10000000 | 1  |
| Actinomicetos termófilos | 10000   | 100000000  | 100000   | 14 |
| Hongos mesófilos         | 1000000 | 1000       | 100000   | 18 |
| Hongos termófilos        | 1000    | 10000000   | 1000000  | 16 |

En la tabla 1, muestra el microbiota durante las diferentes etapas del compostaje expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (Haug, 1993).

### 2.2.8. Las propiedades físicas

#### a) La humedad (%).

La cantidad de humedad que puede concentrar los desechos frescos puede variar significativamente, especialmente en excretas o estiércoles de animales, y esta variabilidad está estrechamente relacionada con la dieta de los animales. Según (Camacho Céspedes, Uribe Lorío, Newcomer, Masters, & Kinyua, 2018), cuando el porcentaje de humedad al inicio en los residuos frescos supera el 50%, es crucial explorar alternativas para reducir la humedad antes de formar camas de residuos orgánicos.

#### b) Temperatura.

La variación en la temperatura durante las fases de compostaje se origina por la producción o incremento de calor, resultado de las actividades microbianas durante el proceso metabólico asociado a la descomposición de materia orgánica (Camacho Céspedes, Uribe Lorío, Newcomer, Masters, & Kinyua, 2018)

#### c) Materia orgánica (MO).

La materia orgánica está relacionada con la composición de los residuos y su grado de descomposición. Su contenido en el compost puede verse afectado por factores como la actividad microbiana, la temperatura, la aireación y el tipo de materiales utilizados en la mezcla. A medida que avanza el proceso de compostaje, la materia orgánica tiende a disminuir debido a la degradación microbiana y la mineralización de los compuestos orgánicos (Pérez, 2020).

### 2.2.9. Los componentes químicos

#### a) La relación (C/N)

Los microorganismos responsables de descomponer la cama (pila) de compost necesitan tener acceso a nutrientes, siendo fundamental el carbono para la obtención de energía y el N para sintetizar las proteínas. Un indicador de la eficacia de la actividad microbiana en el proceso de compostaje es la relación C/N (carbono: nitrógeno), que se considera óptima cuando se encuentra entre 25 y 35 (Juárez, 2022)

#### **b) pH**

El pH actúa como un indicador fundamental del proceso de descomposición en el compostaje. Inicialmente, desciende debido a la producción de ácidos orgánicos, pero con el avance del proceso se incrementa, alcanzando valores entre 6,5 y 8,5. Este parámetro no solo señala la evolución del compostaje, sino que también afecta la disponibilidad de nutrientes, el intercambio catiónico y la actividad biológica. Idealmente, el pH final debe ser cercano a neutro o ligeramente (Juárez, 2022),

#### **c) Conductividad Eléctrica (C.E)**

El contenido o concentraciones de sales solubles que tiene el compost varía considerablemente debido a diversas condiciones, como la materia prima utilizada, las condiciones climáticas (lluvia y temperatura) (Vargas, 2017,). Además, Vargas (2017) también hace referencia a Nogales (1993), establece que el valor del intervalo del rango adecuado debe ser de 6 y 15 dS/m.

#### **d) Nitrógeno**

el nitrógeno es asimilado para la síntesis, crecimiento y desarrollo de los microorganismos (Muñoz, 2021).

#### **e) Carbono**

Fuente de energía para los microorganismos (Muñoz, 2021)

#### **f) Fosforo**

El fósforo constituye un macronutriente indispensable para el desarrollo vegetal, participando activamente en procesos metabólicos fundamentales como la fotosíntesis, la transferencia energética mediante ATP y ADP, así como en la síntesis de ácidos nucleicos (ADN y ARN) (Tortosa G., 2022).

### **g) Potasio**

El potasio es otro macronutriente esencial que regula el balance hídrico y la resistencia de las plantas a factores de estrés como sequías y enfermedades.

#### **2.2.10. Los componentes biológicos**

##### **a) Coliformes totales**

En el compost, los coliformes totales pueden estar presentes como indicadores de que los materiales orgánicos no se han descompuesto completamente o que el proceso de compostaje no ha alcanzado las temperaturas necesarias para eliminar ciertos patógenos. Si bien los coliformes totales no son necesariamente peligrosos, su presencia puede indicar que la descomposición de los residuos orgánicos no ha sido eficiente, lo cual podría afectar la calidad del compost y su seguridad para su uso en agricultura.

##### **b) Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son una señal de que el proceso de descomposición no ha sido adecuado o que los residuos fecales fueron incluidos en el compost sin tratamiento previo. La presencia de estos microorganismos es preocupante porque son indicadores de contaminación fecal, lo que puede representar riesgos de transmisión de enfermedades si el compost no se ha manejado adecuadamente. Es crucial que el compost alcance temperaturas lo suficientemente altas (entre 55°C y 65°C) para matar estos microorganismos.

##### **c) E Coli**

La presencia de E. coli, especialmente de cepas patógenas, es un indicador de que los residuos orgánicos que contienen material fecal (como estiércol) no se han compostado adecuadamente. La E. coli es una bacteria que puede sobrevivir en condiciones subóptimas y, si no se elimina correctamente durante el proceso, puede contaminar el compost, lo que representa un riesgo para la salud humana y animal, especialmente si se usa en cultivos destinados al consumo directo.

##### **d) Mohos y levaduras**

Los mohos y las levaduras pueden ser comunes en los compost si la humedad no se controla adecuadamente o si la aireación es insuficiente. Aunque no todos los mohos son patógenos, algunos pueden producir micotoxinas, que son compuestos tóxicos. El exceso de humedad o un mal manejo de los materiales de compostaje pueden promover su

proliferación. En general, su presencia indica que el compost no está alcanzando las condiciones óptimas de aireación y temperatura, lo que puede reducir su calidad.

**e) Actinomicetos**

Los actinomicetos son microorganismos beneficiosos en el compostaje, ya que ayudan a descomponer la materia orgánica más resistente, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos son responsables del característico olor a tierra del compost maduro. La presencia de actinomicetos en el compost es una señal de que el proceso de descomposición está ocurriendo de manera efectiva, lo que ayuda a asegurar que el compost sea de alta calidad y esté listo para su uso en el suelo.

### 2.2.12. Normas de calidad de los abonos orgánicos

#### a) Norma chilena 2880

**Tabla 2.** Norma Oficial Chilena NOCh 2880

| Producto       | Componentes principales  | Indicadores  |
|----------------|--|--|
| Abono orgánico | <p>Origen: Producto sólido de residuos animales, vegetales, sólidos urbanos o mezcla de los anteriores.</p> <p>Clase:</p> <p>A: No presenta restricción de uso, producto de alta calidad.</p> <p>B: Calidad intermedia, presenta algunas restricciones de uso.</p> <p>C: Compost inmaduro que no ha alcanzado la etapa de maduración necesaria. No apto para su uso.</p> | <p>Contenido de cenizas: No específica</p> <p>Contenido de humedad:</p> <p>Clase A: &lt; 20%</p> <p>Clase B: entre 25–40%</p> <p>Contenido de materia orgánica:</p> <p>Clase A: ≥ 45%</p> <p>Clase B: ≥ 20%</p> <p>N total: ≥ 0.8%</p> <p>Relación C/N:</p> <p>Clase A: 10 y 25</p> <p>Clase B: 10 y 40</p> <p>Clase C: 10 y 50</p> <p>Capacidad de intercambio catiónico: No específica</p> <p>pH:</p> <p>Clase A: 5 – 7.5</p> <p>Clase B: &lt; 5 y &gt; 7.5</p> <p>Metales pesados (mg/kg base seca):</p> <p>Arsénico (As): 15 (A), 20 (B)</p> <p>Cadmio (Cd): 2 (A), 8 (B)</p> <p>Cromo (Cr): 120 (A), 600 (B)</p> <p>Mercurio (Hg): 1 (A), 4 (B)</p> |

Fuente: NCh 2880 (2004).

### **Clasificación de acuerdo con el nivel de calidad**

El compost Clase A se considera un producto de alta calidad, ya que debe cumplir con los límites máximos establecidos para metales pesados, presentar una conductividad eléctrica inferior a 3 dS/m y mantener una relación carbono/nitrógeno (C/N) igual o menor a 25. Estas características lo hacen apto para su aplicación en la agricultura ecológica.

El compost Clase B se clasifica como un producto de calidad intermedia, cumpliendo con los límites máximos permitidos de metales pesados, una conductividad eléctrica inferior a 8 dS/m y una relación carbono/nitrógeno (C/N) igual o menor a 30. Debido a estas características, su utilización puede estar sujeta a ciertas restricciones.

#### **b) Norma NTC 5167-2022**

Los productos orgánicos empleados como abonos o fertilizantes deben ajustarse a parámetros que garanticen su seguridad y calidad, respetando los límites máximos permitidos de macro contaminantes, metales pesados y agentes patógenos, expresados en miligramos por kilogramo (mg/kg) o partes por millón (ppm).

**Tabla 3.** Normas técnicas Colombia NTC 5167-2022

| Producto       | Componentes principales   | Indicadores   |
|----------------|---|---|
| Abono orgánico | Residuos sólidos de animales, vegetales, urbanos, o mezclas de estos con contenidos mínimos de C orgánico oxidable total, e indicadores que se señalan. | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Cenizas &lt; 60 %</li> <li>* Humedad:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales de origen animal, &lt; 20 %</li> <li>- Materiales de origen vegetal, &lt; 35 %</li> <li>- Mezclas, en función del material dominante.</li> </ul> </li> <li>* Carbono oxidable total &gt; 15 %.</li> <li>* N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O totales (&gt; 1 %)</li> <li>* CIC, &gt; 30 Cmol(+) / Kg</li> <li>* CRH, &gt; su propio peso.</li> <li>* pH 4 - 9</li> <li>* Densidad &lt; 0,6 g/cm<sup>3</sup></li> <li>* Metales pesados (mg/Kg):               <ul style="list-style-type: none"> <li>- As: 41.0</li> <li>- Cd: 39.0</li> <li>- Cr: 1200.0</li> <li>- Hg: 17.0</li> <li>- Ni: 420.0</li> <li>- Pb: 300.0</li> </ul> </li> </ul> |

Fuente: NTC 5167 (2002)

**c). OMS**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido rangos normativos para los compost comerciales, fundamentados en sus propiedades físicas y químicas, con el objetivo de garantizar su calidad y seguridad para el uso agrícola.

**Tabla 5.** Criterios cuantitativos de calidad del compost de la OMS.

| <b>Parámetros</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Límites de calidad OMS</b> |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| <b>pH</b>                         | %             | 6 a 9                         |
| <b>MO</b>                         | %             | 25 a 50                       |
| <b>N</b>                          | %             | 0.4% - 3.5%                   |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | %             | 0.3% - 1.8%                   |
| <b>Humedad</b>                    | %             | 30 - 50%                      |
| <b>Pb</b>                         | mg/kg         | 200 – 400                     |
| <b>Cd.</b>                        | mg/kg         | 15 - 40                       |

Fuente: OMS 2006

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. Compost**

De acuerdo con la Norma Chilena, el compost es el resultado del proceso de compostaje y está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, cuya procedencia original no puede identificarse debido a la transformación de los residuos en partículas más finas y de tonalidad más oscura durante la descomposición.

#### **2.3.2. Calidad del compost**

La calidad del compost no es un concepto estático, sino que depende de los objetivos para los cuales se utilice. Se define como "la capacidad del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, minimizando el impacto ambiental y sin generar riesgos para la salud pública".

#### **2.3.3. pH**

Es una propiedad que refleja el nivel de acidez o alcalinidad, y ejerce una gran influencia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o de los sustratos orgánicos. Por esta razón, es una de las características más relevantes a tener en cuenta.

#### **2.3.4. Macroorganismos**

Son organismos vivos que pueden ser observados sin la necesidad de microscopio, tales como arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos, entre otros.

También se les denomina mesofauna.

### **2.3.5. Materia orgánica**

Son los residuos de origen vegetal, animal y microbiano en distintas etapas de descomposición, junto con las células y tejidos de los organismos del suelo y las sustancias generadas por los seres vivos presentes en él.

### **2.3.6. Microorganismos**

Son organismos microscópicos vivos, como hongos (incluidas las levaduras), bacterias como las actinobacterias y protozoos, así como nemátodos.

### **2.3.7. Microorganismos mesófilos**

Son un conjunto de bacterias y hongos (incluyendo levaduras y hongos filamentosos) capaces de vivir, desarrollarse y multiplicarse durante el proceso de compostaje a temperaturas que oscilan entre 30°C y 40°C.

### **2.3.8. Mineralización**

Es el proceso en el cual la materia orgánica se descompone a través de la acción de microorganismos, liberando compuestos inorgánicos esenciales para el crecimiento vegetal.

### **2.3.9. Nitrato**

Es una forma inorgánica de nitrógeno que se encuentra en su estado oxidado, soluble en la solución del suelo, y es altamente susceptible a la lixiviación.

### **2.3.10. Nitrógeno**

Es un elemento fundamental para el crecimiento de las plantas, que puede encontrarse en forma orgánica (como proteínas y compuestos orgánicos) o inorgánica (como nitrato o amonio).

### **2.3.11. Orgánico**

Un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno, y generalmente también otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Estos compuestos pueden ser de origen natural o ser sintetizados en laboratorio. La expresión "sustancia orgánica" no implica que sea necesariamente natural, ya que un compuesto orgánico se define simplemente por la presencia de carbono.

### **2.3.12. Patógeno**

Es un microorganismo capaz de causar enfermedades. Puede ser un fitopatógeno, cuando afecta a las plantas, o un patógeno humano o animal.

### **2.3.13. Reciclaje de nutrientes**

Es el proceso en el que los nutrientes orgánicos e inorgánicos se transforman y circulan a través del suelo, los organismos vivos, la atmósfera y el agua. En el contexto agrícola, se refiere a la reincorporación de los nutrientes absorbidos por las plantas al suelo. Este reciclaje puede ocurrir mediante la caída de hojas, la exudación de raíces, el reciclaje de residuos, la incorporación de abonos verdes, entre otros.

### **2.3.14. Relación C:N**

Es la proporción de carbono con respecto al nitrógeno presente en un material.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

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

##### 3.1.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Latitud Sur : 9° 04' 51" S  
Longitud Oeste : 76°03' 47" O  
Altitud : 670 m.s.n.m.

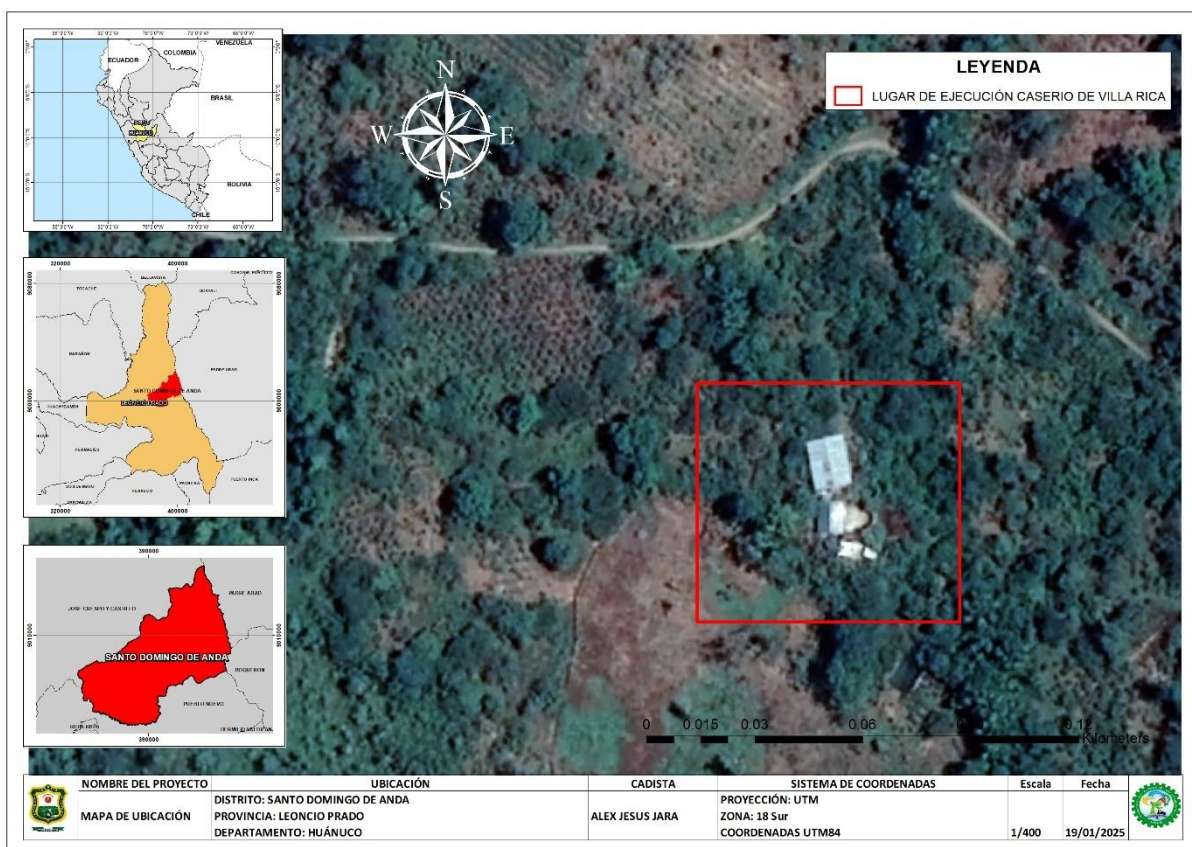


Figura 3. Mapa de ubicación política de la ejecución del proyecto.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales de campo**

Los materiales utilizados en campo son: Machete, Pala, Martillo, Wincha, bolsas, botas de protección, gorra, cuaderno de apunte, lapicero, etc.

### **3.2.2. Equipo campo**

Los equipos utilizados son los siguientes: Multiparámetro (pH, Temperatura), GPS GARMIN 62 S, Balanza, mochila fumigadora, laptop, cámara fotográfica.

## **3.3. Criterios para analizar el estudio**

### **3.3.1. Nivel de investigación**

El nivel de investigación adoptado en este estudio es el nivel explicativo, el cual tiene como propósito identificar y comprender las causas que determinan la calidad del compost producido a partir del pseudotallo de plátano. En este caso, se busca explicar el efecto que tiene la aplicación de microorganismos eficientes sobre la transformación y descomposición de la materia orgánica, así como en los parámetros físicos, químicos y biológicos del compost. El enfoque explicativo permite establecer relaciones de causa-efecto entre la variable independiente (biota microbiana) y la variable dependiente (calidad del compost).

### **3.3.2. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca aplicar los conocimientos provenientes de las ciencias básicas, como la microbiología y la química, para resolver un problema práctico y específico: la mejora de la calidad del compost a través del uso de microorganismos eficientes. Al recurrir a estas ciencias básicas, el objetivo es comprender cómo la biota microbiana afecta los parámetros físicos, químicos y biológicos del compost, contribuyendo a una gestión más eficiente de los residuos agrícolas.

### **3.3.3. Método de investigación**

El método de investigación es experimental, ya que se manipulan activamente las variables independientes (microorganismos eficientes) para observar sus efectos en la calidad del compost. Este enfoque permite establecer cómo las diferentes concentraciones de microorganismos eficientes influyen en parámetros como la humedad, el pH, la temperatura, y otros factores relacionados con la calidad del compost. De este modo, se busca comprender el

impacto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje de residuos de pseudotallo de plátano en el caserío de Villa Rica, distrito de Leoncio Prado.

### 3.3.4. Operacionalización de variables (Anexo D)

#### a) Variables independientes

En este estudio, la “biota microbiana” (microorganismos eficientes), es la variable independiente. Esta variable se investigó para analizar su influencia en la calidad del compost generado a partir de los residuos de pseudotallo de *Musa paradisiaca*. Se utilizaron diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (ME) en tres tratamientos: T1 (0.5 L de ME), T2 (1 L de ME) y T3 (1.5 L de ME) y el testigo T0 (0 L de ME). La idea es observar cómo la adición de estos microorganismos afecta la descomposición de los residuos y, por ende, la calidad del compost.

#### b) Variables dependientes

La “calidad del compost” es la variable dependiente en este estudio. Esta variable se ve afectada por la biota microbiana utilizada en los tratamientos. Se busca evaluar cómo las diferentes concentraciones de microorganismos eficientes impactan en parámetros como la humedad, el pH, la temperatura, y la cantidad de materia orgánica, entre otros, que determinan la calidad del compost final. La medición y comparación de estos parámetros permitirá determinar la influencia de la biota microbiana sobre la calidad del compost producido.

### 3.3.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación ejecutada del proyecto ha sido un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos a diferentes concentraciones de ME y 3 repeticiones, a continuación, se muestra el diseño:

RG1 X O1

RG2 X O2

RG3 X O3

RG0 --- O0 (Testigo)

Donde los parámetros son los siguientes:

- R: Asignación aleatoria o al azar de las repeticiones.
- G: Grupo  $i= 1, 2, \dots$
- X: Tratamiento.
- O: Observación  $i=1,2, \dots$

El modelo lineal del diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$ : Variable de respuesta observada
- $\mu$ : Es la media general
- $T_i$ : Es el efecto del tratamiento
- $\varepsilon_{ij}$ : Error experimental

### 3.3.6. Población y muestra

La población considerada para esta investigación estuvo conformada por los residuos del pseudotallo de *Musa paradisiaca* (plátano) generados en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado, una zona agrícola amazónica con alta producción platanera. Estos residuos, obtenidos tras la cosecha, representan una biomasa abundante con potencial de aprovechamiento mediante procesos de compostaje. Se emplearon tres tratamientos experimentales y un testigo, cada uno con una cantidad de 144 kg de residuos de pseudotallo. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME): T1 con 0.5 L de ME, T2 con 1.0 L de ME y T3 con 1.5 L de ME, cada uno con tres repeticiones. El tratamiento testigo (T0) no recibió aplicación de ME. Para la evaluación del compost obtenido, se recolectaron muestras representativas de 2 kg por tratamiento, las cuales fueron enviadas al laboratorio para el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos, siguiendo técnicas estandarizadas de muestreo y análisis.

### 3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de muestras, se extrajo una muestra representativa de 2 kg de compost de cada repetición de cada tratamiento. Las muestras fueron secadas a la sombra, embolsadas en bolsas plásticas estériles, etiquetadas con el tratamiento y la fecha de recolección, y almacenadas bajo condiciones controladas hasta su análisis en laboratorio.

Para el análisis de laboratorio, se emplearon procedimientos estandarizados enfocados en evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del compost generado a partir de residuos de pseudotallo de *Musa paradisiaca*. Los parámetros físicos evaluados incluyeron humedad (%), materia seca (%), materia orgánica (%), y cenizas (%). Los parámetros químicos analizados fueron pH (escala), conductividad eléctrica (mS/cm), carbono (%), nitrógeno (%), relación carbono/nitrógeno (C/N), óxido fosfórico (%), calcio (%), magnesio (%), sodio (%), potasio (%), zinc (ppm), hierro (ppm), cobre (ppm) y manganeso (ppm). Además, se evaluaron parámetros microbiológicos como coliformes totales, E. Coli, mohos y levaduras, y actinomicetos.

La observación sistemática se realizó a lo largo del proceso de compostaje, registrando las condiciones de los tratamientos experimentales, con especial énfasis en parámetros clave como humedad, pH y temperatura del compost. Este proceso incluyó la documentación visual de los cambios en el compost mediante fotografías, además del registro de datos relevantes en fichas de observación, tales como la evolución de la humedad en el compost, las variaciones en el pH a lo largo del tiempo y las fluctuaciones de temperatura durante el proceso de descomposición.

En el campo, los instrumentos utilizados incluyeron palas y muestreadores para extraer las muestras de compost, bolsas plásticas estériles para su almacenamiento y etiquetas para su correcta identificación.

Para la gestión y análisis de los datos obtenidos, se utilizaron herramientas como SPSS versión 25 y otros softwares estadísticos para realizar los análisis necesarios, además de hojas de cálculo para organizar y estructurar la información recolectada durante las observaciones y el muestreo.

### **3.3.8. Análisis de datos**

El análisis de los datos recolectados en el laboratorio se llevó a cabo mediante el uso de los programas Microsoft Excel, Microsoft Word y SPSS 25.

Los resultados obtenidos fueron consolidados en una base de datos organizada, y se aplicaron análisis estadísticos, incluyendo la prueba de normalidad, para verificar la distribución de los datos. Posteriormente, se realizaron pruebas de comparación para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos experimentales y el testigo.

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Características del área experimental

La ejecución de la investigación del proyecto tuvo lugar en el caserío de Villa Rica, donde se estableció el área de compostaje. Esta área comprende un piso falso de concreto de 42 metros cuadrados, tomando en cuenta un área específica para la preparación del compostaje y almacenado de microorganismos y demás materiales y equipos, cubierta por un techo de calamina, el cual tiene una altura de 3.0 metros. El perímetro cubierto protegido por malla. Las composteras consistieron en camas de 157 kg, con dimensiones de 1.5 metro de longitud, 1 m de ancho y 0.7 m de altura cada una.

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| N° de experimentación (R1)  | : 10                         |
| N° de tratamientos          | : 04                         |
| N° de repeticiones          | : 03                         |
| Área y peso neta del ensayo | : 1.5 m <sup>2</sup> -157 kg |
| Área total del experimento  | : 35 m <sup>2</sup>          |

#### 3.4.2. Fase instalación y preparación de materiales y los insumos

##### a) Los insumos

- **Microorganismos eficaces**

Los microorganismos eficaces serán adquiridos a partir de la activación, se preparó con 18 litros (90%) de agua sin cloro, 1 litro (5%) de EM-Compost y 1kg (5%) de melaza de caña. La mezcla se vertió en un recipiente de plástico de 25 litros, el cual tenía un cierre hermético y fue desinfectado previamente. Este contenedor dispone de una tapa roscada que asegura un sellado adecuado de la mezcla.

Se dejó reposar la mezcla durante 7 días, permitiendo que se produjera la fermentación en un lugar sombreado con el fin de optimizar la descomposición.

##### b) **Recolección y proceso de residuos orgánicos del pseudotallo de la Musa paradisíaca (plátano)**

Los residuos orgánicos (RO) fueron recolectados del campo agrícola de plátano, ubicado en el caserío de Villa Rica. Tras su recolección, los materiales fueron transportados a la compostera previamente construida. Se procedió al troceado del pseudo tallo de plátano, siguiendo las especificaciones óptimas para este proceso. Posteriormente, se pesó el material picado y se dividió en cuatro tratamientos utilizando un método aleatorio.

Cada tratamiento consistió en 157 kilogramos de pseudo tallo de plátano. Para asignar la ubicación de cada tratamiento dentro de la compostera, también se empleó un enfoque aleatorio, garantizando la distribución sin sesgo en las diferentes áreas de la compostera.

**c) Homogenización de los residuos del pseudotallo de plátano**

Los residuos orgánicos deben de tener tamaños similares, obteniendo residuos de 1cm a 4cm, para el mejorar el proceso de descomposición

**d) Formación de las pilas de compostaje**

Cada pila tenía alrededor una dimensión de 0.7 m<sup>3</sup> de volumen, Se envolvió con plásticos para mantener la temperatura adecuada.

La aplicación de ME activado, en cada tratamiento se fumigo de manera uniforme, haciendo uso de una fumigadora de 20 litros. La cantidad aplicada fueron las siguientes:

T1: 25 L EM - Ac.

T2: 25 L EM - Ac.

T3: 25 L EM - Ac.

T0: 25 L sin EM.

**3.4.3. Manejo y mantenimiento manualmente**

**a) Riego o inoculación de la biota microbiana**

Cada unidad experimental contenía 157 kg de residuos del pseudo tallo del plátano, la inoculación fue de 1.5 litro de ME activado semanalmente después del volteo. Se utilizó aspersor de 5 litros para regar de manera homogénea.

**b) Volteos**

El volteo se realizó haciendo uso de la pala cada 7 días, esto con el objetivo de facilitar oxígeno a los microorganismos eficientes (ME).

**3.4.4. Evaluaciones en campo**

Se midieron parámetros como: La temperatura (°C), pH y humedad (%),

**a) Medición de temperatura (°C)**

Se tomo nota de la temperatura cada siete días en diferentes puntos de la pila, al momento o antes de realizar el volteo respectivo.

### **b) Control de humedad (%)**

Se realizó la medición del contenido de humedad cada siete días utilizando métodos empíricos, como la prueba de puño (Juárez, 2022).

### **c) Evaluación del pH**

Se realizaron los análisis cada 7 días antes del volteo, durante el experimento. Se tomo 3 mediciones en diferentes puntos de la pila,

### **3.4.5. Cosecha y toma de muestras**

La cosecha o el embolsado del compost se realizó una vez finalizado el proceso de compostaje. Para verificar que el compost estuviera maduro, se tomó un puñado y se evaluó su olor, que debía recordar al de un bosque, y su color, que debía ser de un marrón oscuro a gris. Se tomaron tres muestras de 2 kg de compost de cada tratamiento de manera aleatoria, lo que resultó en un total de 6 kg por tratamiento. Sin embargo, para el tratamiento testigo, solo se tomó 2 kg, ya que no se realizó repetición para este tratamiento. Obteniendo en total 10 muestras de un 2 kg.

### **3.4.6. Análisis de las propiedades fisicoquímicos y biológicos del suelo**

Se recolectaron 3 muestras de manera aleatoria por cada tratamiento y solo una muestra para el testigo, teniendo un total de 10 muestras, las cuales fueron colocadas en bolsas herméticas y enviadas al Laboratorio de Suelos y Laboratorio microbiológico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis.

Se evaluaron las siguientes propiedades con el fin de determinar la calidad del compost generado. Las propiedades físicas incluidos en el análisis fueron: humedad (%), materia seca (%), materia orgánica (%) y cenizas (%). En cuanto a las propiedades químicas, se analizaron el pH (escala), la conductividad eléctrica (mS/cm), carbono (%), nitrógeno (%), relación carbono/nitrógeno (C/N), óxido fosfórico (%), calcio (%), magnesio (%), sodio (%), potasio (%), zinc (ppm), hierro (ppm), cobre (ppm) y manganeso (ppm). Además, se consideraron propiedades biológicas, como coliformes totales, E. Coli, mohos y levaduras, y actinomicetos, con el objetivo de determinar el efecto de la biota microbiana en la calidad de del compost a partir de *Musa paradisiaca* en el caserío Villa Rica, Leoncio Prado.

#### **3.4.7. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS**

La investigación tomó como criterios de contraste los lineamientos establecidos en la Norma Chilena NCh 2880 del Instituto Nacional de Normalización (INN), la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), así como los estándares internacionales propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estas normativas sirvieron como referencia para evaluar si los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del compost

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Homogeneidad de varianzas

**Tabla 6.** Prueba de homogeneidad de varianza para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

| Parámetros               | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig.  |
|--------------------------|-----------------------|-----|-----|-------|
| Humedad (%)              | 1,139                 | 3   | 8   | ,390  |
| pH                       | ,698                  | 3   | 8   | ,579  |
| CE (dS/m)                | 3,156                 | 3   | 8   | ,086  |
| Materia Seca (%)         | 1,139                 | 3   | 8   | ,390  |
| Materia Orgánica (%)     | 0,287                 | 3   | 8   | ,834  |
| Cenizas (%)              | 1,945                 | 3   | 8   | ,201  |
| C (%)                    | 0,276                 | 3   | 8   | ,841  |
| N (%)                    | 0,445                 | 3   | 8   | ,727  |
| C/N                      | 0,742                 | 3   | 8   | ,556  |
| P2O5 (%)                 | 0,970                 | 3   | 8   | ,453  |
| Ca (%)                   | 0,268                 | 3   | 8   | ,847  |
| Mg (%)                   | 0,877                 | 3   | 8   | ,492  |
| Na (%)                   | 0,039                 | 3   | 8   | ,989  |
| K (%)                    | 2,295                 | 3   | 8   | ,155  |
| Zn (ppm)                 | 0,938                 | 3   | 8   | ,466  |
| Fe (ppm)                 | 0,927                 | 3   | 8   | ,471  |
| Cu (ppm)                 | 1,127                 | 3   | 8   | ,394  |
| Mn (mg/L)                | 1,093                 | 3   | 8   | ,406  |
| Levaduras y mohos(ufc/g) | 2,970                 | 3   | 8   | 0,097 |
| Actinomicetos(ufc/g)     | 3,630                 | 3   | 8   | 0,064 |

En la tabla 5, se presenta los resultados de la prueba de Levene, utilizada para verificar si los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas antes de aplicar pruebas estadísticas como ANOVA.

#### 4.2. Prueba de hipótesis para la calidad del compost en función de sus propiedades físicas, químicas y biológicas

Se realizó la verificación de hipótesis

##### 4.2.1. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función de sus propiedades físicas

- Humedad (%)
- Materia Seca (%)
- Materia Orgánica (%)
- Cenizas (%)

##### Para los tratamientos

Hipótesis nula  $H_0$ : Cuando las medias son estadísticamente iguales

Hipótesis alterna  $H_1$ : Cuando las medias son estadísticamente desiguales

Donde:  $u_0$ : Media de cada uno de los parámetros físicos en el tratamiento T0 (grupo de control)

Donde:  $u_1$ : Media de cada uno de los parámetros físicos en el tratamiento T1.

Donde:  $u_3$ : Media de cada uno de los parámetros físicos en el tratamiento T2.

Donde:  $u_4$ : Media de cada uno de los parámetros físicos en el tratamiento T3.

##### a) Prueba de hipótesis para la Humedad (%) del compost

**Tabla 7.** Análisis de varianza para la humedad del compost.

|                  | Suma de cuadrados | gl        | Media cuadrática | F      | Sig. |
|------------------|-------------------|-----------|------------------|--------|------|
| Entre grupos     | 391,083           | 3         | 130,361          | 64,195 | ,000 |
| Dentro de grupos | 16,245            | 8         | 2,031            |        |      |
| <b>Total</b>     | <b>407,328</b>    | <b>11</b> |                  |        |      |

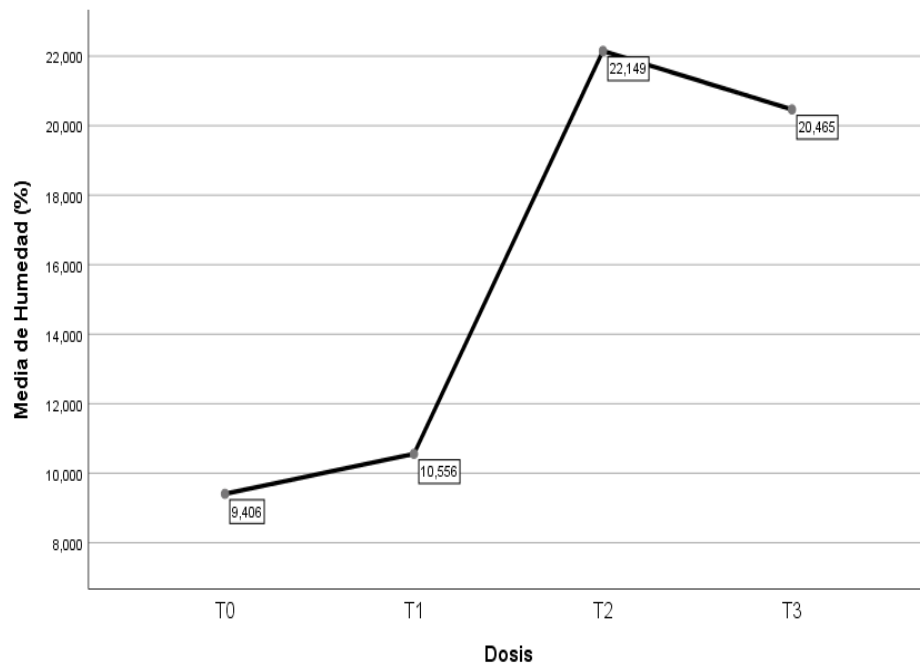
En la tabla 6, tenemos que el valor-p,  $Sig = 0.000 < \alpha = 0.05$ , menor valor a la asumida, entonces rechazo la  $H_0$  y acepto la  $H_1$ , considerando una influencia de BM en la calidad del parámetro– Humedad del compost de pseudo tallo de plátano.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**Tabla 8.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para la humedad del compost.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |
|-------|---|------------------------------|----------|
|       |   | 1                            | 2        |
| T0    | 3 | 9,40600                      |          |
| T1    | 3 | 10,55567                     |          |
| T3    | 3 |                              | 20,46500 |
| T2    | 3 |                              | 22,14900 |
| Sig.  |   | ,760                         | ,508     |

En la tabla 7, El T3 y T2 Se han identificado dos subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye las dosis T0 y T1, con medias de 9.406 y 10.5567, respectivamente. El segundo subconjunto incluye T3 y T2, con medias de 20.465 y 22.149, respectivamente. Dado que estos subconjuntos no se superponen, se puede concluir que T0 y T1 no son significativamente diferentes entre sí, al igual que T3 y T2, pero no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los subconjuntos 1 y 2. La significancia (ppp-valor) de 0.760 y 0.508 indica que, dentro de cada subconjunto las diferencias no son significativas. Todos los tratamientos se catalogan de calidad A, siendo un compost de alta calidad, al tener una humedad menor a 25%, según NaCh2880.



**Figura 4.** Gráfica de medias para la humedad de compost

En la figura 4, El gráfico muestra la variación de la media de humedad (%) en función de las diferentes dosis aplicadas (T0, T1, T2 y T3), donde T0 representa 0 L, T1 0.5 L, T2 1 L y T3 1.5 L de dosis aplicada. Se observa que T0 y T1 presentan valores bajos de humedad, con 9.406% y 10.556%, respectivamente. A partir de T2, hay un aumento significativo en la humedad, alcanzando 22.149%, seguido de una ligera disminución en T3 (20.465%). Esta tendencia indica que el aumento de la dosis aplicada influye en el incremento de la humedad del compost, con una variación más notable en T2 y T3, lo que coincide con la clasificación en subconjuntos distintos según la prueba estadística previa.

La humedad influye más en la actividad microbiana del compost que su temperatura (Tortosa, 2018). Según Castillo, L. (2020), el contenido de humedad en el compost experimenta un aumento progresivo a medida que se incrementa la dosis de microorganismos eficientes (EM). En su estudio, el Tratamiento 1 (sin EM) presentó una humedad del 27.17%, mientras que el Tratamiento 4 (con mayor dosis de EM) alcanzó un 40.59%. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, donde se observa la misma tendencia, evidenciando que la aplicación de EM contribuye a mejorar la retención de humedad en el proceso de compostaje.

Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Vidal L. C. (2021), quien no encontró una variación significativa en los tratamientos evaluados. En su estudio, la humedad fluctuó entre 38.3% (0 ml de EM), 36% (100 ml), 42% (200 ml) y 40% (300 ml), lo

que sugiere que la influencia de la dosis de EM en la retención de humedad puede depender de factores como la cantidad aplicada y las condiciones del compostaje.

**b). Prueba de hipótesis para la Materia seca (%) del compost**

**Tabla 9.** Análisis de varianza para la materia Seca del compost.

|                         | <b>Suma de<br/>cuadrados</b> | <b>gl</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|-------------|
| <b>Entre grupos</b>     | 391,083                      | 3         | 130,361                     | 64,195   | ,000        |
| <b>Dentro de grupos</b> | 16,245                       | 8         | 2,031                       |          |             |
| <b>Total</b>            | 407,328                      | 11        |                             |          |             |

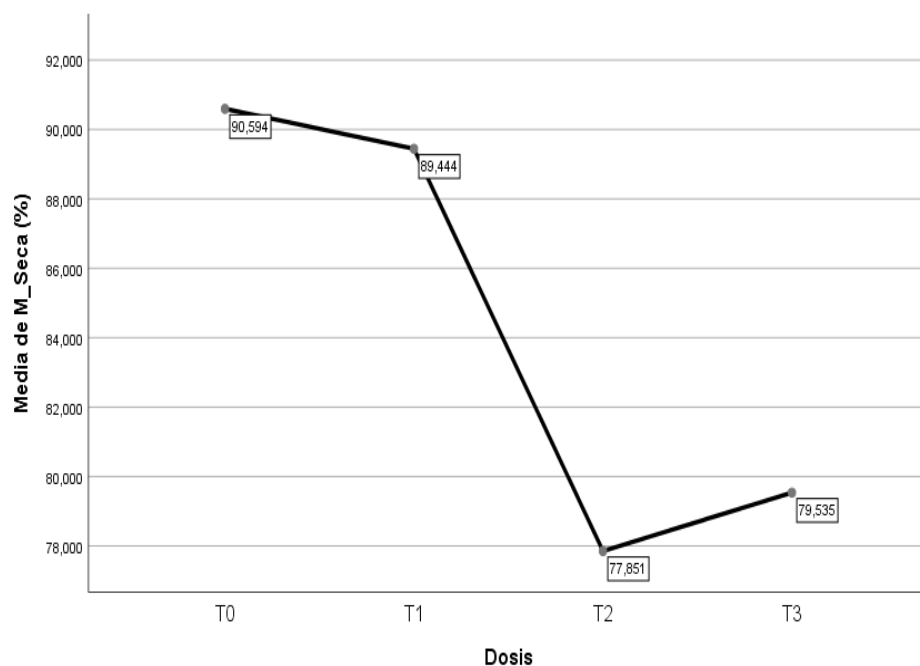
En la Tabla 8, En este caso, dado que el valor de significancia (Sig = 0.000) es menor que el nivel asumido ( $\alpha = 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis (T0, T1, T2 y T3) en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**Tabla 10.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para la materia Seca del compost.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |
|-------|---|------------------------------|----------|
|       |   | 1                            | 2        |
| T2    | 3 | 77,85100                     |          |
| T3    | 3 | 79,53500                     |          |
| T1    | 3 |                              | 89,44433 |
| T0    | 3 |                              | 90,59400 |
| Sig.  |   | ,508                         | ,760     |

En la tabla 9, Se han identificado dos subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye las dosis T2 y T3, con medias de 77.851 y 79.535, respectivamente. El segundo subconjunto incluye T1 y T0, con medias de 89.444 y 90.594, respectivamente. Dado que estos subconjuntos no se superponen, se puede concluir que T2 y T3 no son significativamente diferentes entre sí, al igual que T1 y T0, pero sí hay una diferencia estadísticamente significativa entre los subconjuntos 1 y 2.

**Figura 5.** Gráfica de medias para la materia seca del compost.

En la figura 5, El gráfico muestra la variación de la media de Materia Seca (%) en función de las diferentes dosis aplicadas T0 (0 L), T1 (0.5 L), T2 (1 L) y T3 (1.5 L) de dosis aplicada. Se observa que T0 y T1 presentan valores altos de materia seca, con 90.594% y

89.444%, respectivamente. A partir de T2, hay una disminución significativa en la materia seca, alcanzando 77.851%, seguido de un ligero incremento en T3 (79.535%). Esta tendencia indica que el aumento de la dosis aplicada influye en la reducción del contenido de materia seca del compost, con una variación más notable en T2 y T3. Servicetec (2024), menciona que la humedad influye en la materia seca, ya que de eso dependerá la materia seca, cuando haya mayor actividad microbiana mayor la humedad, por lo que la materia seca será menor, es por eso que, en las concentraciones más altas de microorganismos, la Materia Seca es menor. Esto concuerda con los resultados del estudio de (Vidal, L. 2024), donde trabajo con distintos tipos de microorganismos efectivos, donde obtuvo 80.02 %, 81.46% y 85.25%, de Materia Seca para hojarasca, madera degradada y raíces, respectivamente, donde según los análisis microbiológicos las hojarasca presentan mayor concentración de la biota microbiana y las raíces menor concentración de microorganismos, por lo que se concluye que a mayor concentración de microorganismos es menor la Materia Seca.

**c). Prueba de hipótesis para la materia orgánica (%) del compost.**

**Tabla 11.** Análisis de varianza para la materia orgánica del compost.

|                         | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>gl</b> | <b>Media cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|-------------|
| <b>Entre grupos</b>     | 2273,292                 | 3         | 757,764                 | 1746,677 | ,000        |
| <b>Dentro de grupos</b> | 3,471                    | 8         | ,434                    |          |             |
| <b>Total</b>            | 2276,763                 | 11        |                         |          |             |

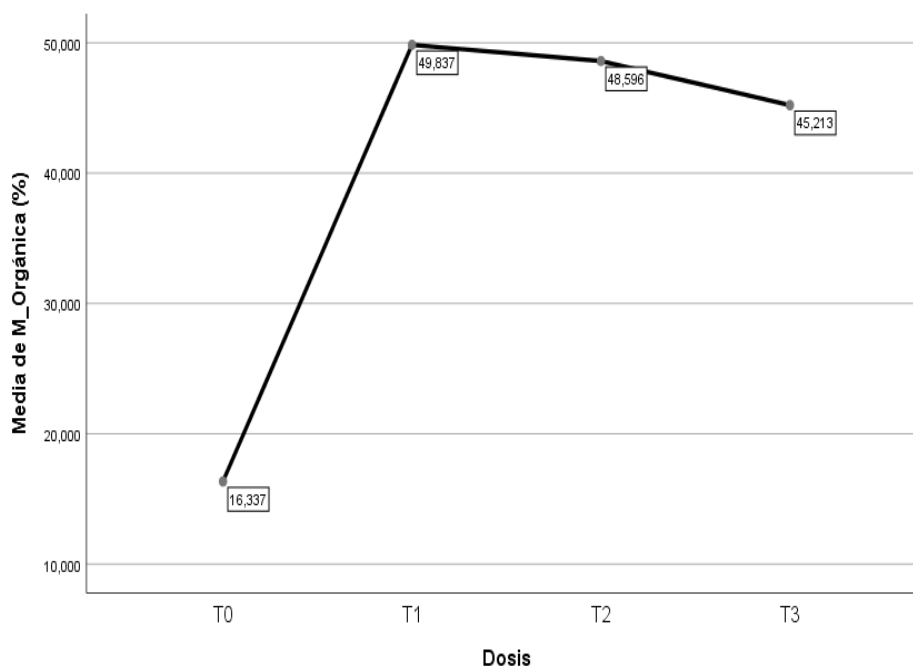
En la Tabla 10, muestra menor valor que el nivel asumido ( $\text{Sig} = 0,000 < \text{alfa} = 0,05$ ), entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). En consecuencia, se considera la posibilidad de una influencia estadísticamente significativa entre al menos una de las dosis evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**Tabla 12.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para la materia orgánica del compost.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |          |
|-------|---|------------------------------|----------|----------|
|       |   | 1                            | 2        | 3        |
| T0    | 3 | 16,33700                     |          |          |
| T3    | 3 |                              | 45,21300 |          |
| T2    | 3 |                              |          | 48,59600 |
| T1    | 3 |                              |          | 49,83667 |
| Sig.  |   | 1,000                        | 1,000    | ,175     |

En la tabla 11, Se han identificado tres subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 16.337. El segundo subconjunto contiene T3 con una media de 45.213. El tercer subconjunto agrupa T2 y T1 con medias de 48.596 y 49.837, respectivamente. Dado que estos subconjuntos no se superponen, se concluye que T0, T3 y el grupo formado por T2 y T1 presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. La significancia (p-valor) de 1.000 dentro de los subconjuntos indica que las diferencias dentro de cada grupo no son significativas.



**Figura 6.** Grafica de medias para la materia orgánica de compost.

En la figura 6, El gráfico muestra la variación de la media de Materia Orgánica (%) en función de las diferentes dosis aplicadas (T0, T1, T2 y T3), donde T0 (0 L), T1 (0.5 L), T2 (1 L) y T3 (1.5 L). Se observa que T0 presenta el valor más bajo (16.337%), mientras que en T1 hay un aumento considerable hasta 49.837%. En T2 se mantiene un valor similar (48.596%), seguido de una leve disminución en T3 (45.213%). Esta tendencia indica que el incremento de la dosis aplicada influye en el aumento de la materia orgánica hasta T1 y T2, con una ligera reducción en T3.

En un compost con mayor actividad microbiana, la descomposición es más rápida, lo que puede reducir el contenido de materia orgánica con el tiempo. Según Castillo (2020), obtiene resultados similares donde a medida que aumento la dosis de microorganismos hubo un aumento de MO (27.48% 0 ml (ME) - 28.69% 2000 ml (ME)). Según Basurto, (2024) la Materia Orgánica obtenida en el compostaje del pseudo tallo de plátano es de 50.33% y 54.88%, utilizo bacterias para su degradación (*B. wiedmanni* y *B. albus*), por lo que coinciden con los resultados obtenidos, T1, T2 y T3, donde se sabe que existen dosis de microorganismos.

En los resultados obtenidos se debe a la composición de la materia prima usada, que son residuos sólidos municipales y son más fáciles en degradarse a comparación del pseudo tallo del plátano.

**d) Prueba de hipótesis para las Cenizas (%) del compost**

**Tabla 13.** Análisis de varianza para las cenizas del compost.

|                         | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F        | Sig. |
|-------------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | 3735,984          | 3  | 1245,328         | 1029,572 | ,000 |
| <b>Dentro de grupos</b> | 9,676             | 8  | 1,210            |          |      |
| <b>Total</b>            | 3745,660          | 11 |                  |          |      |

En la Tabla 12, muestra menor valor que el nivel asumido ( $\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$ ), entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). En consecuencia, se considera la posibilidad de una influencia estadísticamente significativa entre al menos una de las dosis evaluado.

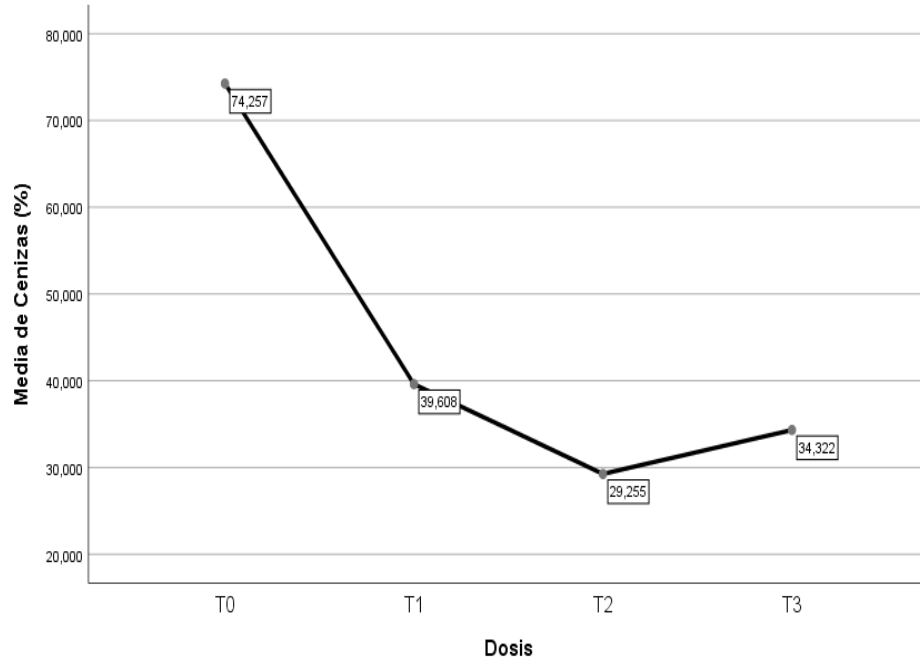
Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**Tabla 14.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para las cenizas (%) del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para $\alpha = 0.05$ |          |          |          |
|-------------|---|----------------------------------|----------|----------|----------|
|             |   | 1                                | 2        | 3        | 4        |
| <b>T2</b>   | 3 | 29,25500                         |          |          |          |
| <b>T3</b>   | 3 |                                  | 34,32233 |          |          |
| <b>T1</b>   | 3 |                                  |          | 39,60800 |          |
| <b>T0</b>   | 3 |                                  |          |          | 74,25700 |
| <b>Sig.</b> |   | 1,000                            | 1,000    | 1,000    | 1,000    |

En la tabla 13, La tabla muestra los resultados de una prueba de comparaciones múltiples con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Se han identificado cuatro subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T2 con una media de 29.255. El segundo subconjunto contiene T3 con una media de 34.322. El tercer subconjunto agrupa T1 con una media de 39.608. Finalmente, el cuarto subconjunto está compuesto por T0 con una media de 74.257. Dado que estos subconjuntos no se superponen, se concluye que T0, T1, T3 y T2 presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

La significancia (p-valor) de 1.000 dentro de los subconjuntos indica que las diferencias dentro de cada grupo no son significativas.



**Figura 7.** Gráfica para las cenizas del compost.

En la figura 7, El gráfico de líneas muestra la media del porcentaje de cenizas para cada dosis evaluada. Se observa una disminución pronunciada desde T0 (74.257%) hasta T2 (29.255%), seguida de un ligero aumento en T3 (34.322%). Esto sugiere que el contenido de cenizas se reduce significativamente con el tratamiento hasta T2 y luego presenta un leve incremento en T3.

Según De la Peña (2019), La ceniza es el residuo inorgánico que queda después de que el agua y materia orgánica se eliminado mediante calentamiento en presencia de oxidantes. La ceniza está relacionada con la materia orgánica y la materia seca, a medida aumenta la dosis de microorganismos disminuye la ceniza y hay un ligero incremento, en la figura 6 se ve un aumento de MO y una leve disminución.

#### **4.2.2. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función a los parámetros químicos del compost**

- pH (escala)
- Conductividad Eléctrica (uS/cm)
- Carbono (%)

- Nitrógeno (%)
- Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)
- Oxido fosfórico (%)
- Calcio (%)
- Magnesio (%)
- Sodio (%)
- Potasio (%)
- Zinc (mg/L)
- Hierro (mg/L)
- Cobre (mg/L)
- Manganeso (mg/L)
- **Para los tratamientos**

Hipótesis nula  $H_0$ : cuando las medias son estadísticamente iguales

Hipótesis alterna  $H_1$ : cuando las medias son estadísticamente desiguales

- ✓ Donde:  $u_0$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T0 (grupo de control)
- ✓ Donde:  $u_1$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T1
- ✓ Donde:  $u_3$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T2
- ✓ Donde:  $u_4$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T3

**a) Prueba de hipótesis para el pH del compost**

**Tabla 15.** Análisis de varianza para el pH del compost.

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F       | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|---------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | ,819                 | 3  | ,273                | 697,248 | ,000 |
| <b>Dentro de grupos</b> | ,003                 | 8  | ,000                |         |      |
| <b>Total</b>            | ,822                 | 11 |                     |         |      |

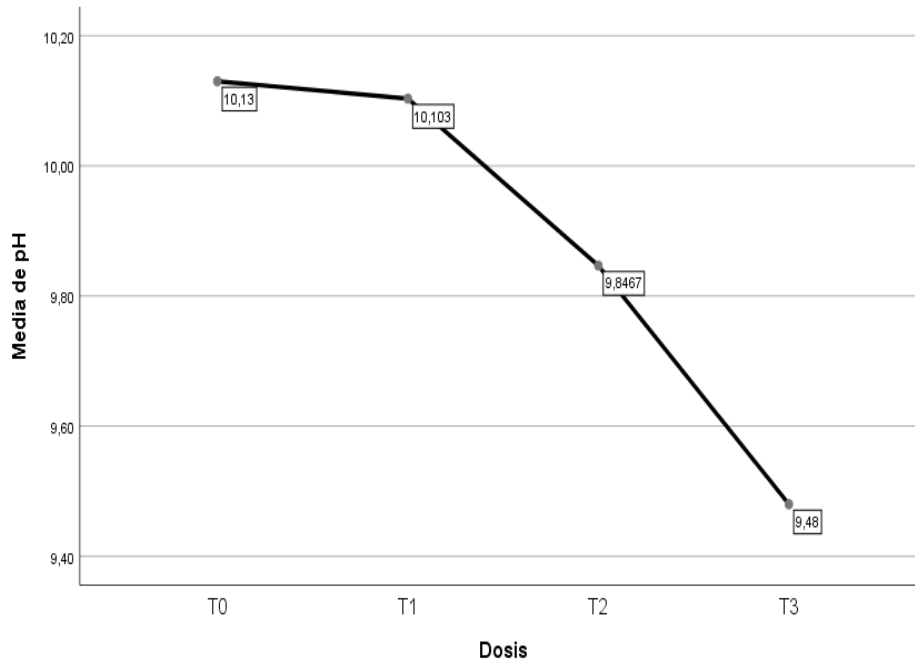
En la tabla 14, El valor  $-p$ , ( $\text{Sig} = 0,000 < \text{alfa} = 0,05$ ), menor valor a la asumida, entonces rechazo la  $H_0$  y acepto la  $H_1$ , considerando una influencia significativa entre las dosis evaluadas.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 16.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el pH del compost.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |         |
|-------|---|------------------------------|--------|---------|
|       |   | 1                            | 2      | 3       |
| T0    | 3 | 9,4800                       |        |         |
| T3    | 3 |                              | 9,8467 |         |
| T2    | 3 |                              |        | 10,1033 |
| T1    | 3 |                              |        | 10,1300 |
| Sig.  |   | 1,000                        | 1,000  | ,406    |

En la tabla 15, Se identifican tres subconjuntos distintos. El primer subconjunto incluye la dosis T3 con una media de 9.4800. El segundo subconjunto contiene T2 con una media de 9.8467. El tercer subconjunto agrupa T1 y T0 con medias de 10.1033 y 10.1300, respectivamente. Dado que los subconjuntos no se superponen, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre T3, T2 y el grupo formado por T1 y T0. La significancia dentro de cada subconjunto ( $p$ -valor = 1.000) indica que no hay diferencias significativas dentro de cada grupo. Sin embargo, el valor de significancia en el tercer subconjunto (0.406) sugiere que la diferencia entre T1 y T0 no es estadísticamente significativa.



**Figura 8.** Grafica de medias para pH del compost.

En la figura 8, El gráfico muestra la variación de la media del pH en función de las dosis aplicadas. Se observa una tendencia descendente desde T0 (10.13) hasta T3 (9.48), indicando una disminución del pH conforme aumenta la dosis.

Poccori, (2022) en su tesis, logro unos resultados similares en la variación del parámetro pH, trabajo con concentraciones similares, donde se mostró la reducción del pH a mayor concentración de EM siendo estas las concentraciones 8.87 0L (testigo), 8.02 1L, 7.93 2 L y 7.97 3 L, de igual manera (Goya. E, 2013), obtiene pH de 9.85 T1 (1.5L), 9.83 T2 (2 L) y T3 10.07 (2.5 L) donde se observa resultados similares ya que también el residuo orgánico era pseudo tallo de plátano. Esto debido a los complejos carbonados que se degradan rápido y constante, se transforman ácidos orgánicos, tienen efectos como hacer que el pH baja (Loayza Dueñas & Gallegos Jara, 2020).

**b) Prueba de hipótesis para la Conductividad Eléctrica (uS/cm) del compost**

**Tabla 17.** Análisis de varianza para la conductividad eléctrica del compost.

|                         | <b>Suma de<br/>cuadrados</b> | <b>gl</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|-------------|
| <b>Entre grupos</b>     | 73038825,000                 | 3         | 24346275,000                | 716,536  | ,000        |
| <b>Dentro de grupos</b> | 271821,764                   | 8         | 33977,721                   |          |             |
| <b>Total</b>            | 73310646,764                 | 11        |                             |          |             |

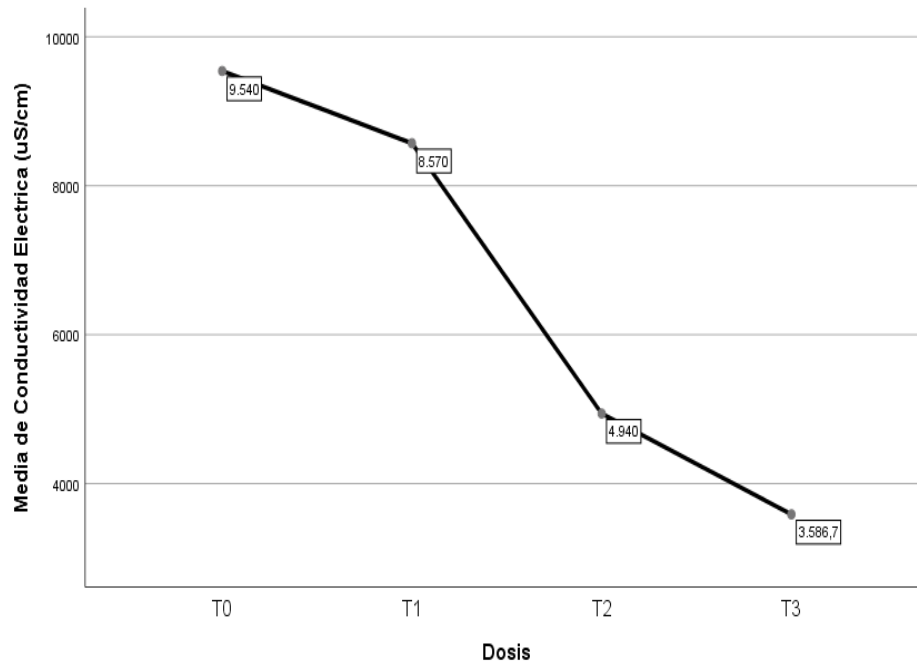
En la tabla 16, El valor-p, (Sig = 0,000 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia entre los tratamientos evaluados.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 18.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para la conductividad eléctrica del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |         |
|-------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|
|             |   | 1                            | 2       | 3       | 4       |
| T3          | 3 | 3586,67                      |         |         |         |
| T2          | 3 |                              | 4940,00 |         |         |
| T1          | 3 |                              |         | 8570,00 |         |
| T0          | 3 |                              |         |         | 9540,00 |
| <b>Sig.</b> |   | 1,000                        | 1,000   | 1,000   | 1,000   |

En la tabla 17, Se han identificado cuatro subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T3 con una media de 3,586.67. El segundo subconjunto contiene T2 con una media de 4,940.00. El tercer subconjunto agrupa T1 con una media de 8,570.00. Finalmente, el cuarto subconjunto está compuesto por T0 con una media de 9,540.00. Dado que estos subconjuntos no se superponen, se concluye que T0, T1, T2 y T3 presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. La significancia (p-valor) de 1.000 dentro de los subconjuntos indica que las diferencias dentro de cada grupo no son significativas.



**Figura 9.** Grafica de medias para la conductividad eléctrica (uS/cm) del compost.

En la figura 9, El gráfico muestra la variación de la conductividad eléctrica (uS/cm) en función de las dosis aplicadas. Se observa una disminución progresiva de la conductividad eléctrica a medida que aumenta la dosis. La dosis T0 presenta la mayor conductividad con 9,540 uS/cm, seguida de T1 con 8,570 uS/cm, T2 con 4,940 uS/cm y finalmente T3 con la menor conductividad de 3,586.7 uS/cm. Esta tendencia sugiere que el incremento en la dosis tiene un efecto reductor sobre la conductividad eléctrica del sistema.

Estos resultados coinciden Basurdo (2024), donde obtiene CE (uS/cm) de 5.53 en el compost a partir del pseudo tallo de plátano, igual con Goya, E, 2013, se observa que a medida que aumente la dosis de microorganismos disminuye la CE, 5,23, 4.75, 4.94 respectivamente. Así mismo Poccori (2022), obtiene una variación similar, a medida que aumente la dosis de microorganismos eficaces disminuye la CE que va de (20.60 dS/m – 14.39 dS/m). Esto debido a pueden contribuir a la formación de floculados (aglomerados de partículas), lo que disminuye la movilidad de las sales en el compost (Camacho, F 2018).

c) Prueba de hipótesis para el Carbono (%) del compost

**Tabla 19.** Análisis de varianza para el carbono del compost.

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F        | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|----------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | 568,356              | 3  | 189,452             | 1714,173 | ,000 |
| <b>Dentro de grupos</b> | ,884                 | 8  | ,111                |          |      |
| <b>Total</b>            | 569,240              | 11 |                     |          |      |

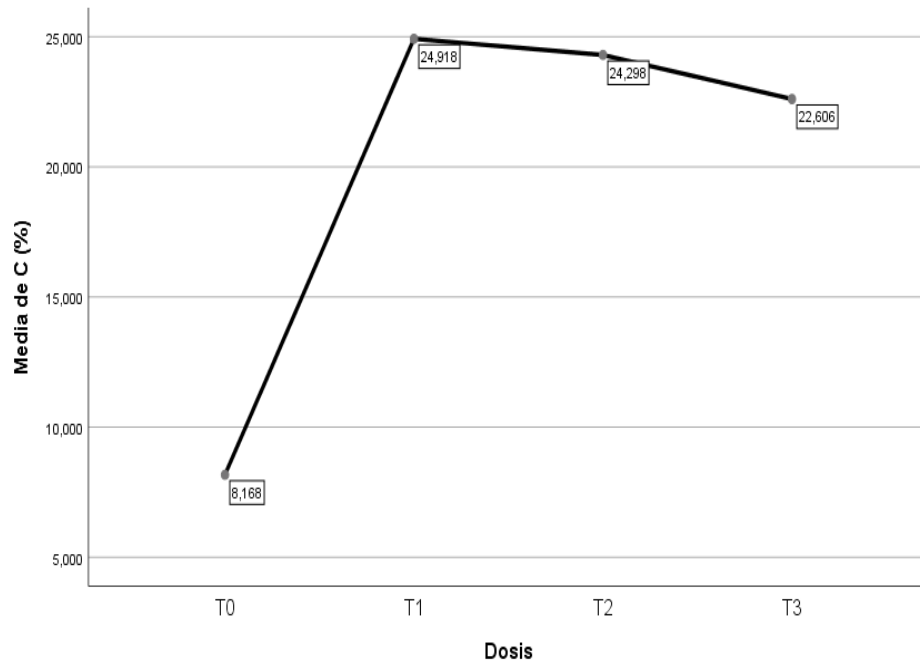
En la tabla 18, El valor-p, (Sig =0,000< alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa en la dosis evaluada.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 20.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el carbono del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |          |
|-------------|---|------------------------------|----------|----------|
|             |   | 1                            | 2        | 3        |
| <b>T0</b>   | 3 | 8,16800                      |          |          |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 22,60633 |          |
| <b>T2</b>   | 3 |                              |          | 24,29800 |
| <b>T1</b>   | 3 |                              |          | 24,91833 |
| <b>Sig.</b> |   | 1,000                        | 1,000    | ,181     |

En la tabla 19, Se ha identificado tres subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T0 (1L EM) con una media de 8.168, el segundo contiene T3 (2 L EM) con una media de 22.606, y el tercero agrupa T2 (3 L EM) con una media de 24.298. La dosis T1 (0 L EM) tiene una media de 24.918, ubicándose dentro del tercer subconjunto, lo que indica que no presenta diferencias estadísticamente significativas con T2 (p = 0.181).



**Figura 10.** Grafica de medias para el Carbono (%) del compost.

En la figura 10, El gráfico muestra la variación de la media de carbono (%) en función de las diferentes dosis aplicadas. Se observa un incremento significativo de T0 (8.168%) a T1 (24.918%), alcanzando el valor más alto en esta última. Posteriormente, la media de carbono disminuye ligeramente en T2 (24.298%) y continúa descendiendo en T3 (22.606%). Esto sugiere que la aplicación de la dosis T1 favorece el mayor contenido de carbono, mientras que dosis mayores (T2 y T3) muestran una leve reducción en este parámetro.

El carbono es necesario para la obtención de energía metabólica de los microorganismos, ya que en función a eso habrá más o menos actividad metabólica (Tortosa, G. 2018).

Una dosis baja de microorganismos eficientes (EM) (T1) favorece la acumulación de carbono, mientras que dosis más altas (T2 y T3) promueven una mayor degradación y estabilización, reduciendo el carbono total.

**d) Prueba de hipótesis para el Nitrógeno (%) del compost**

**Tabla 21.** Análisis de varianza para el nitrógeno del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F      | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|--------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | ,508                 | 3  | ,169                | 26,522 | ,000 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | ,051                 | 8  | ,006                |        |      |
| <b>Total</b>                | ,559                 | 11 |                     |        |      |

En la tabla 20, El valor-p, (Sig = 0,00 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa para el parámetro evaluada.

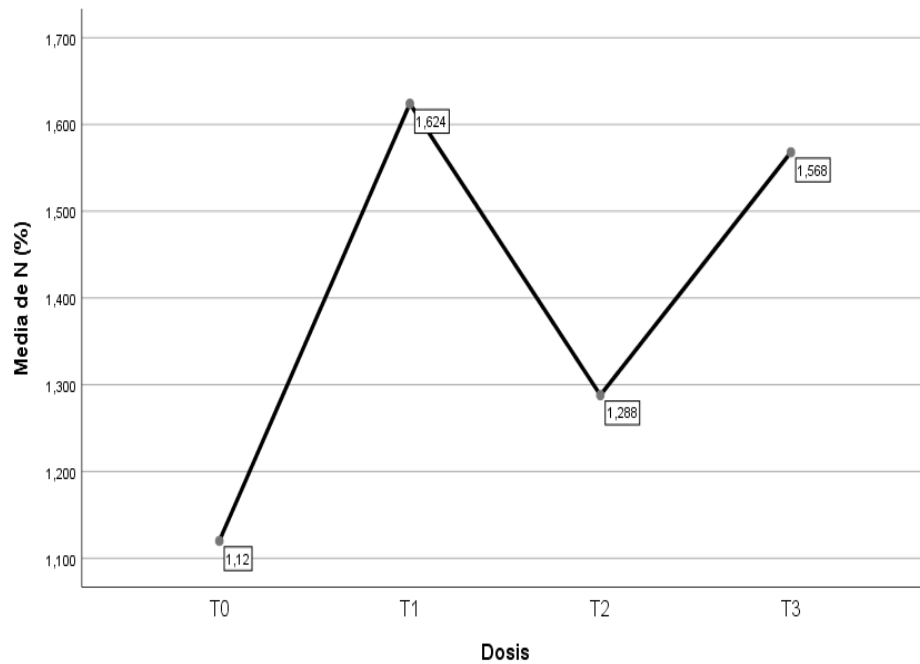
Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**Tabla 22.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el nitrógeno del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |
|-------------|---|------------------------------|---------|
|             |   | 1                            | 2       |
| <b>T0</b>   | 3 | 1,12000                      |         |
| <b>T2</b>   | 3 | 1,28800                      |         |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 1,56800 |
| <b>T1</b>   | 3 |                              | 1,62400 |
| <b>Sig.</b> |   | ,121                         | ,826    |

En la tabla 21, se identifican dos subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye las dosis T0 y T2 con medias de 1.120 y 1.288, respectivamente, mientras que el segundo subconjunto está compuesto por T3 y T1 con medias de 1.568 y 1.624, respectivamente. La significancia (p-valor) de 0.121 en el primer subconjunto indica que las diferencias dentro de este grupo no son significativas, mientras que en el segundo subconjunto, con un p-valor de 0.826, las diferencias entre T3 y T1 tampoco son

significativas. Esto sugiere que T0 y T2 pertenecen a un grupo estadísticamente diferente de T3 y T1.



**Figura 11.** Gráfico de medias para el contenido de nitrógeno (%) del compost.

En la figura 11, Se observa que T0 tiene la menor media con 1.12%, seguida de un incremento significativo en T1 con 1.624%. Posteriormente, en T2 la media disminuye a 1.288%, mientras que en T3 se observa un aumento a 1.568%. Estos resultados sugieren que la dosis T1 presentó el mayor contenido de N, mientras que T0 tuvo el menor, y que T2 y T3 presentan valores intermedios con una tendencia variable.

Los valores del nitrógeno dependen en gran medida del biorresiduo de partida, elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio) (FAO). Según Vidal, R. (2024), obtuvo resultados similares en cuanto a la variación del nitrógeno, según mayor sea la dosis de microorganismos, 1.69, 2.14 y 2.61% respectivamente, hubo un aumento de nitrógeno.

. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma, Bueno (2020). La actividad microbiana puede influir en la volatilización del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), un proceso en el cual el nitrógeno se pierde en forma gaseosa.

e) Prueba de hipótesis para la Relación C/N del compost

**Tabla 23.** Análisis de varianza para la relación C/N del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F      | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|--------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | 212,984              | 3  | 70,995              | 77,369 | ,000 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 7,341                | 8  | ,918                |        |      |
| <b>Total</b>                | 220,325              | 11 |                     |        |      |

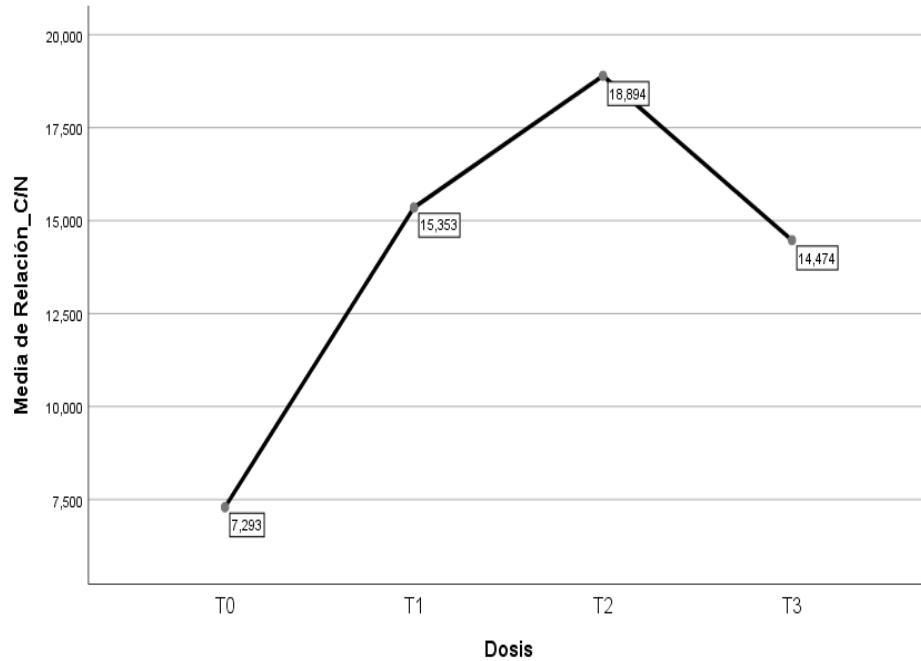
En la tabla 22, El valor-p, (Sig = 0,000 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 24.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para la Relación C/N del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |          |
|-------------|---|------------------------------|----------|----------|
|             |   | 1                            | 2        | 3        |
| <b>T0</b>   | 3 | 7,29300                      |          |          |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 14,47433 |          |
| <b>T1</b>   | 3 |                              | 15,35333 |          |
| <b>T2</b>   | 3 |                              |          | 18,89433 |
| <b>Sig.</b> |   | 1,000                        | ,686     | 1,000    |

En la tabla 23, podemos identificar tres subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 7.293. El segundo subconjunto agrupa T3 y T1 con medias de 14.474 y 15.353, respectivamente. Finalmente, el tercer subconjunto corresponde a T2 con una media de 18.894. Dado que los subconjuntos no se superponen, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre algunas dosis, mientras que dentro de cada subconjunto las diferencias no son significativas.



**Figura 12.** Gráfico de medias para la relación C/N del compost.

La figura 12, La gráfica muestra la evolución de la relación C/N en función de las dosis aplicadas. Se observa un aumento desde T0 (7.293) hasta T2 (18.894), alcanzando el valor máximo en esta última. Posteriormente, en T3, la relación C/N disminuye a 14.474. Esto indica que la dosis T2 promueve la mayor relación C/N, mientras que T3 muestra una tendencia a la reducción.

La relación C/N es el cociente entre las cantidades de carbono y de nitrógeno del compost. Si es muy elevado indica que es un compost inmaduro y se puede reducir la disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Según (Angela Margarita Basurto Salazar, 2024), en el compost de pseudo tallo del plátano con la adición de bacterias obtiene relación C/N de 14.24 y 14.47 semejante a las dosis T1 y T3. Según Goya (2013), obtiene una variación similar 11.76 T1 (1.5 L); 12.70 T2 (2 L); 14.07 T3 (2.5 L); donde al aumentar la dosis hay un aumento mínimo en la relación C/N.

**f) Prueba de hipótesis para el Fosforo ( $P_2O_5$ ) (%) del compost**

**Tabla 25.** Análisis de varianza para el fosforo del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F      | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|--------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | ,040                 | 3  | ,013                | 10,641 | ,004 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | ,010                 | 8  | ,001                |        |      |
| <b>Total</b>                | ,050                 | 11 |                     |        |      |

En la tabla 24, El valor-p, (Sig = 0,004 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la  $H_0$  y acepto la  $H_1$ , considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

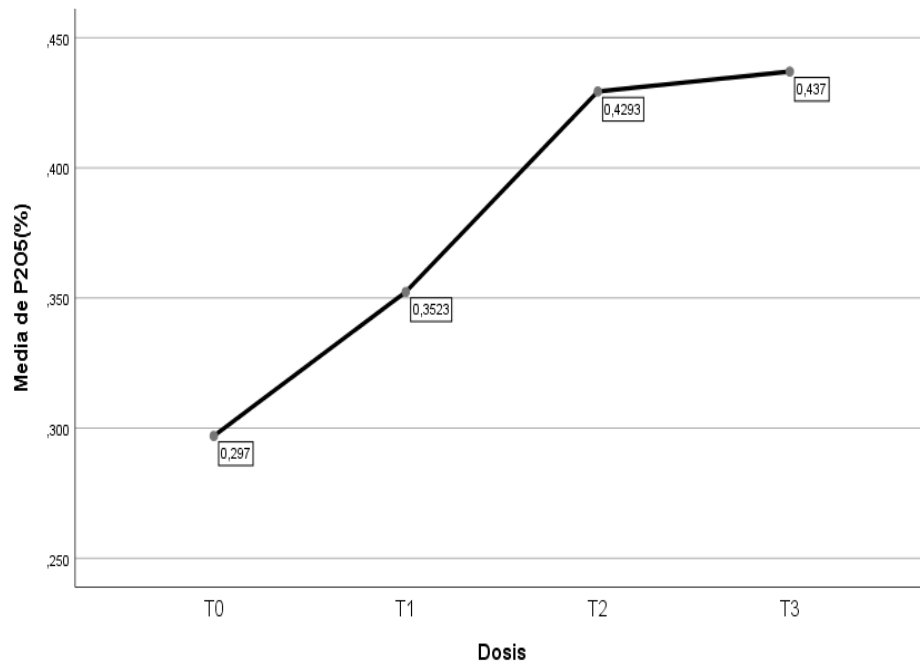
Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 26.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el fosforo del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |
|-------------|---|------------------------------|--------|
|             |   | 1                            | 2      |
| <b>T0</b>   | 3 | ,29700                       |        |
| <b>T1</b>   | 3 | ,35233                       | ,35233 |
| <b>T2</b>   | 3 |                              | ,42933 |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | ,43700 |
| <b>Sig.</b> |   | ,295                         | ,073   |

En la tabla 25, se identifican dos subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 0.29700 y T1 con 0.35233, lo que indica que entre estas dosis no hay diferencias estadísticamente significativas. El segundo subconjunto agrupa las dosis T1, T2 y T3, con medias de 0.35233, 0.42933 y 0.43700, respectivamente. Dado que los subconjuntos se solapan en T1, se concluye que T2 y T3 son

significativamente diferentes de T0, pero no de T1, mientras que T0 sí muestra diferencias significativas respecto a T2 y T3.



**Figura 13.** Gráfico de medias para el fósforo (%) del compost.

En la figura 13, La gráfica muestra la media del porcentaje de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en función de las diferentes dosis aplicadas (T0, T1, T2 y T3). Se observa una tendencia creciente en la concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a medida que aumenta la dosis, pasando de 0.297% en T0 a 0.437% en T3. Esto indica que el incremento en la dosis aplicada favorece el aumento del contenido de fósforo disponible.

El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano.

Según Juárez (2022), obtuvo resultados similares en cuanto a la variación del fosforo de acuerdo con las dosis de microorganismos, siendo el menor valor 2.23% el testigo y el mayor valor 4.73% el T2 (2 L ME). Según De La Peña (2019), obtuvo resultados similares en la variación, a dosis de 0 ml 1.01%, 100 mL 2.26%, 200 mL 2.82 % y 300 mL 3.05% teniendo una diferencia significativa en los tratamientos.

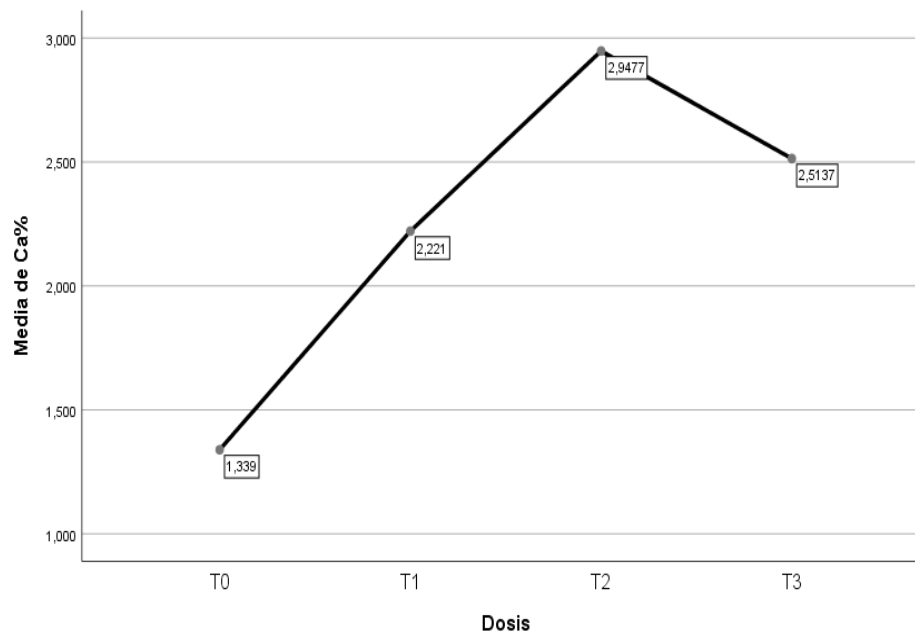
Así mismo la efectividad de los EM en la liberación de fósforo puede variar según el tipo de residuos orgánicos utilizados y las condiciones específicas del proceso de compostaje.

**g) Prueba de hipótesis para el Calcio (%) del compost**

**Tabla 27.** Análisis de varianza para el calcio del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | 4,161                | 3  | 1,387               | 3,983 | ,052 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 2,786                | 8  | ,348                |       |      |
| <b>Total</b>                | 6,947                | 11 |                     |       |      |

En la tabla 26, El valor-p, (Sig =0,052 < alfa = 0,05), mayor valor a la asumida, entonces acepto la Ho y rechazo la H1, considerando que no existe una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.



**Figura 14.** Gráfico de medias para el calcio (%) del compost.

En la figura 14, el gráfico muestra un aumento progresivo con las dosis crecientes de microorganismos eficientes (EM) hasta T2, seguido de una ligera disminución en T3.

### h) Prueba de hipótesis para el Magnesio (%) del compost

**Tabla 28.** Análisis de varianza para el magnesio del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | ,091                 | 3  | ,030                | 8,612 | ,007 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | ,028                 | 8  | ,004                |       |      |
| <b>Total</b>                | ,120                 | 11 |                     |       |      |

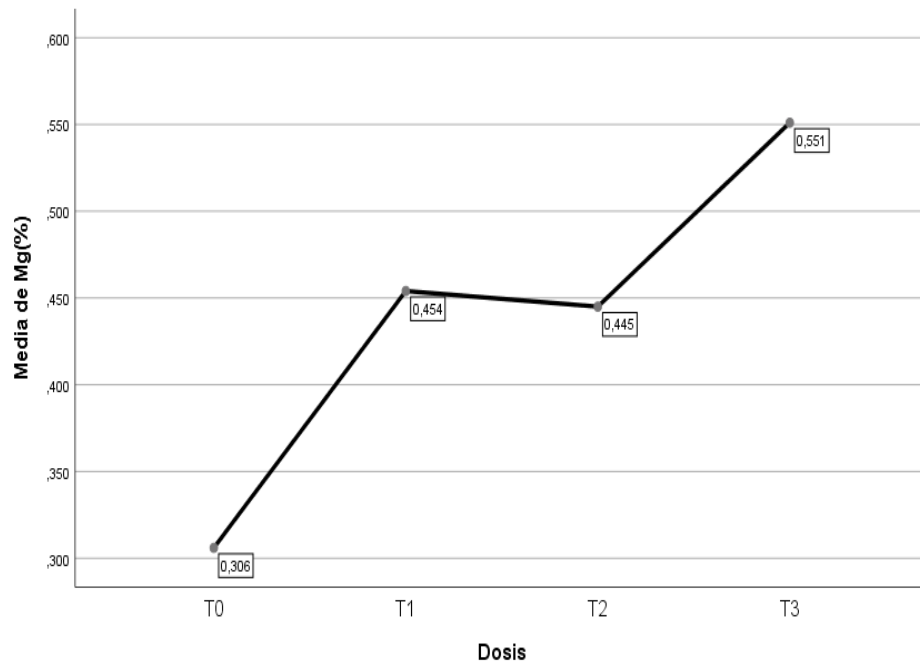
En la tabla 27, El valor-p, (Sig = 0,007 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 29.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el magnesio del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |
|-------------|---|------------------------------|--------|
|             |   | 1                            | 2      |
| <b>T0</b>   | 3 | ,30600                       |        |
| <b>T2</b>   | 3 | ,44500                       | ,44500 |
| <b>T1</b>   | 3 | ,45400                       | ,45400 |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | ,55100 |
| <b>Sig.</b> |   | ,062                         | ,208   |

En la tabla 28, se identifica dos subconjuntos estadísticamente diferentes. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 0.306. El segundo subconjunto agrupa T2, T1 y T3 con medias de 0.445, 0.454 y 0.551, respectivamente. Dado que los subconjuntos no se superponen completamente, se concluye que existen diferencias significativas entre T0 y las demás dosis, mientras que entre T2 y T1 no hay diferencias significativas, aunque T3 presenta un valor superior dentro del mismo subconjunto.



**Figura 15.** Gráfico de medias para el magnesio (%) del compost.

En la figura 15, La gráfica muestra la variación de la media del contenido de Mg (%) en función de las dosis aplicadas. Se observa un incremento significativo desde T0 (0.306%) hasta T1 (0.454%), seguido de una ligera disminución en T2 (0.445%). Sin embargo, en T3 se presenta el valor más alto (0.551%), lo que indica que el aumento en la dosis favorece la acumulación de Mg en el material evaluado, aunque con una leve fluctuación en T2.

Según De La Peña (2019), El magnesio es una fuente esencial para las plantas ya que forma parte de la clorofila, en el compostaje los microorganismos descomponen la materia orgánica, liberando nutrientes como en magnesio.

Según Goya (2013), en su investigación obtuvo resultados similares, pero sin diferencia significativa, T1 0.43%, T2 0.44% y T3 0.42% en el compost a partir del raquis y pseudo tallo de plátano.

**i) Prueba de hipótesis para el Sodio (%) del compost**

**Tabla 30.** Análisis de varianza para el sodio del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | ,011                 | 3  | ,004                | 6,999 | ,013 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | ,004                 | 8  | ,001                |       |      |
| <b>Total</b>                | ,016                 | 11 |                     |       |      |

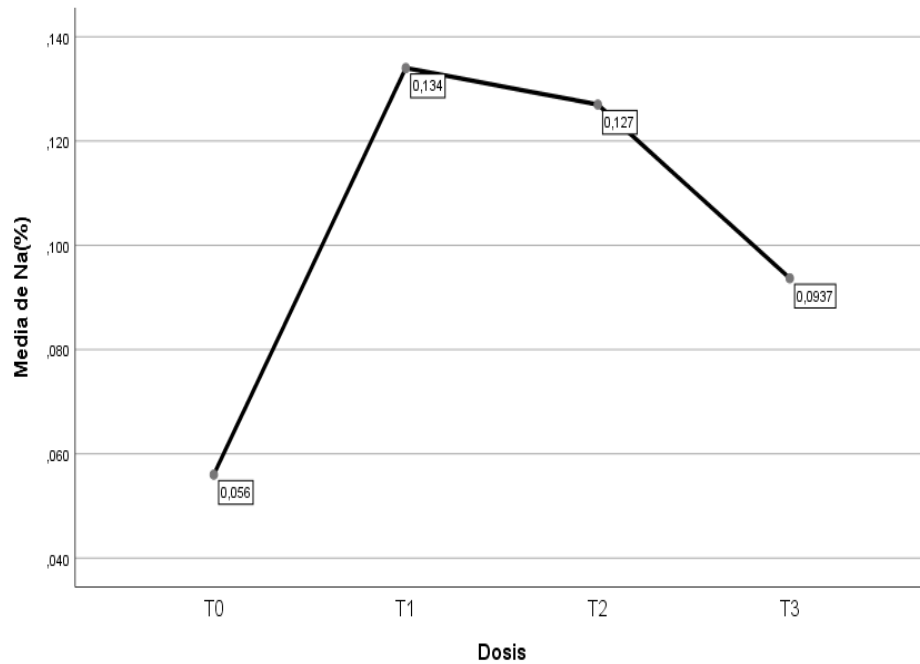
En la tabla 29, El valor-p, (Sig = 0,013 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 31.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el sodio del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |
|-------------|---|------------------------------|--------|
|             |   | 1                            | 2      |
| <b>T0</b>   | 3 | ,05600                       |        |
| <b>T3</b>   | 3 | ,09367                       | ,09367 |
| <b>T2</b>   | 3 |                              | ,12700 |
| <b>T1</b>   | 3 |                              | ,13400 |
| <b>Sig.</b> |   | ,274                         | ,228   |

En la tabla 30, se identifican dos subconjuntos. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 0.05600 y la dosis T3 con 0.09367. El segundo subconjunto agrupa T3, T2 y T1 con valores de 0.09367, 0.12700 y 0.13400, respectivamente. La superposición de T3 en ambos subconjuntos indica que no hay diferencias significativas entre T3 y el resto de los tratamientos del segundo grupo, pero sí con T0, lo que sugiere que el aumento en la dosis genera un incremento en la variable medida.



**Figura 16.** Gráfico de medias para el sodio (%) del compost.

En la figura 16, La gráfica muestra la variación de la media de Na (%) en función de las dosis aplicadas. Se observa un incremento inicial desde T0 (0.056) hasta T1 (0.134), seguido de una ligera disminución en T2 (0.127) y una reducción más marcada en T3 (0.0937). Esto sugiere que el contenido de Na aumenta con la dosis hasta un punto máximo en T1, tras lo cual comienza a disminuir, posiblemente debido a efectos de saturación o competencia por la absorción de otros elementos.

Los microorganismos, a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica, influyen en la liberación y concentración de sodio en el compost. Pero a medida que sea más la concentración de microorganismos la actividad microbiana puede reducir la acumulación del sodio.

**j) Prueba de hipótesis para el Potasio (%) del compost**

**Tabla 32.** Análisis de varianza para el potasio (%) del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F      | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|--------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | 11,136               | 3  | 3,712               | 10,148 | ,004 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 2,926                | 8  | ,366                |        |      |
| <b>Total</b>                | 14,063               | 11 |                     |        |      |

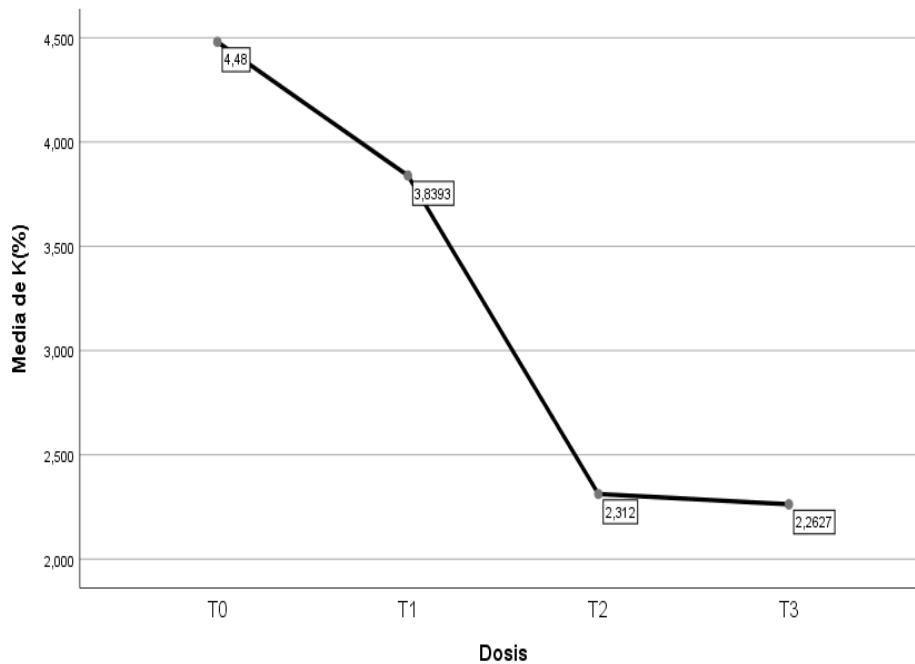
En la tabla 31, El valor-p, (Sig = 0,004 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 33.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el Potasio del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |
|-------------|---|------------------------------|---------|
|             |   | 1                            | 2       |
| <b>T3</b>   | 3 | 2,26267                      |         |
| <b>T2</b>   | 3 | 2,31200                      |         |
| <b>T1</b>   | 3 | 3,83933                      | 3,83933 |
| <b>T0</b>   | 3 |                              | 4,48000 |
| <b>Sig.</b> |   | ,051                         | ,589    |

En la tabla 32, se presenta la comparación en el primer subconjunto, T3 (2.26267) y T2 (2.31200) no muestran diferencias significativas entre sí ( $p = 0.051$ ). En el segundo subconjunto, T1 (3.83933) y T0 (4.48000) presentan valores más altos, con una significancia de 0.589. Se observa que el incremento en la dosis tiene un impacto en la variable analizada, con diferencias más marcadas entre T3 y T0.



**Figura 17.** Gráfico de medias para el potasio (%) del compost.

En la figura 17, El gráfico muestra la tendencia decreciente en la media de potasio (K%) en función de las dosis aplicadas. Se observa que T0 presenta el valor más alto (4.48%), seguido de T1 (3.8393%), mientras que T2 (2.312%) y T3 (2.2627%) muestran una disminución más pronunciada. Esto indica que a medida que aumenta la dosis aplicada, el contenido de potasio en el suelo tiende a reducirse significativamente.

La disminución está relacionada con la inmovilización temporal del potasio en los microorganismos y la pérdida por lixiviación durante el proceso de compostaje. Según Poccori (2022), obtuvo resultados similares en cuanto a la variación del potasio, teniendo el mayor valor de K, 3.84, y el menor valor 2.02, a mayor dosis menor es la concentración de potasio. Además, Basurto (2024), obtuvo resultados similares en cuanto al parámetro potasio siendo 2.68%, en el compost a partir del pseudo tallo de plátano, utilizo bacterias (*B. wiedmannii* y *B. albus*) para su descomposición.

**k) Prueba de hipótesis para el Zinc (ppm) del compost**

**Tabla 34.** Análisis de varianza para el zinc (ppm) del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | 9232,906             | 3  | 3077,635            | 5,299 | ,026 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 4646,358             | 8  | 580,795             |       |      |
| <b>Total</b>                | 13879,263            | 11 |                     |       |      |

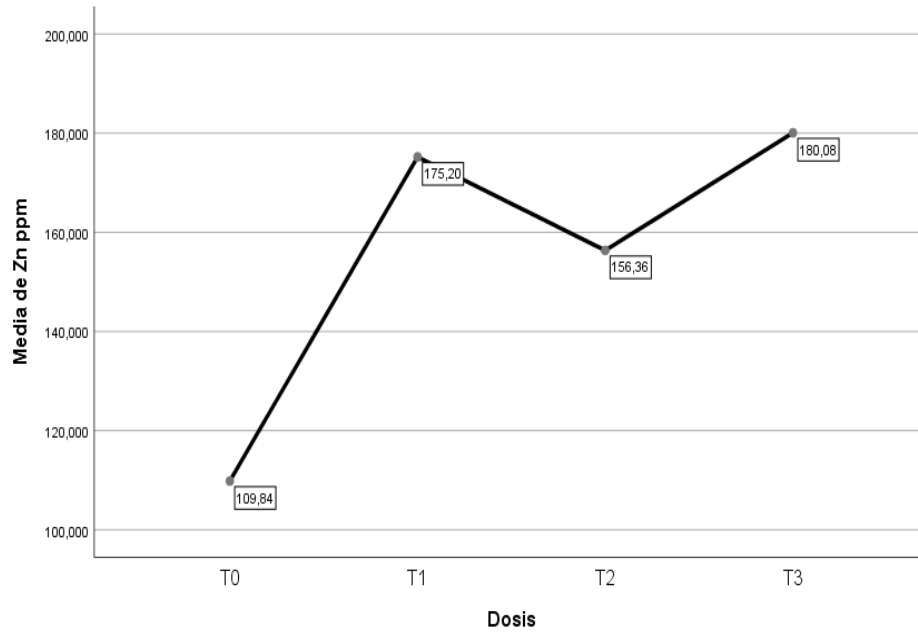
En la tabla 33, El valor-p, (Sig = 0,026 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 35.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el zinc del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |           |
|-------------|---|------------------------------|-----------|
|             |   | 1                            | 2         |
| <b>T0</b>   | 3 | 109,84000                    |           |
| <b>T2</b>   | 3 | 156,35667                    | 156,35667 |
| <b>T1</b>   | 3 |                              | 175,19667 |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 180,08000 |
| <b>Sig.</b> |   | ,162                         | ,640      |

En la tabla 34, se muestra la comparación de medias para diferentes dosis, donde T0 presenta el valor más bajo (109.84), mientras que T3 tiene el más alto (180.08). Se identifican dos subconjuntos estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de 0.05, agrupando a T0 en un subconjunto, mientras que T2, T1 y T3 comparten otro, lo que indica que hay diferencias en los valores, pero algunas dosis pueden no ser significativamente distintas entre sí.



**Figura 18.** Gráfico de medias para el zinc (ppm) del compost.

En la figura 18, El gráfico muestra la variación de la media de Zn (mg/L) en función de las dosis aplicadas. Se observa un incremento significativo desde T0 (109.84) hasta T1 (175.20), seguido de una ligera disminución en T2 (156.36) y un nuevo aumento en T3 (180.08). Esto indica que la concentración de Zn varía con la dosis aplicada, con un pico en T3.

La disponibilidad del Zn se reduce al incrementar el pH, Rengel (2015), es por eso que el pH es directamente proporcional en cuanto al aumento de la dosis de microorganismos eficaces.

Según Vidal (2024), obtuvo resultados similares en cuanto a la variación del Zn, a mayor dosis de microorganismos, mayor concentración del Zn, siendo estos (5.79 ppm – 43.52 ppm). Además (Castillo. L, 2020), también tuvo resultados similares en cuanto a la variación del Zn a medida que aumento la dosis de microorganismos siendo estos ((0 L) 173 ppm, (0.5L) 550 ppm, (1 L) 370 y (2 L) 220 ppm), teniendo una influencia significativa.

### 1) Prueba de hipótesis para Hierro (ppm) del compost

**Tabla 36.** Análisis de varianza para el hierro del compost.

| Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F | Sig. |
|----------------------|----|---------------------|---|------|
|----------------------|----|---------------------|---|------|

|                         |              |    |              |       |      |
|-------------------------|--------------|----|--------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | 34600748,297 | 3  | 11533582,766 | 4,847 | ,033 |
| <b>Dentro de grupos</b> | 19036072,042 | 8  | 2379509,005  |       |      |
| <b>Total</b>            | 53636820,339 | 11 |              |       |      |

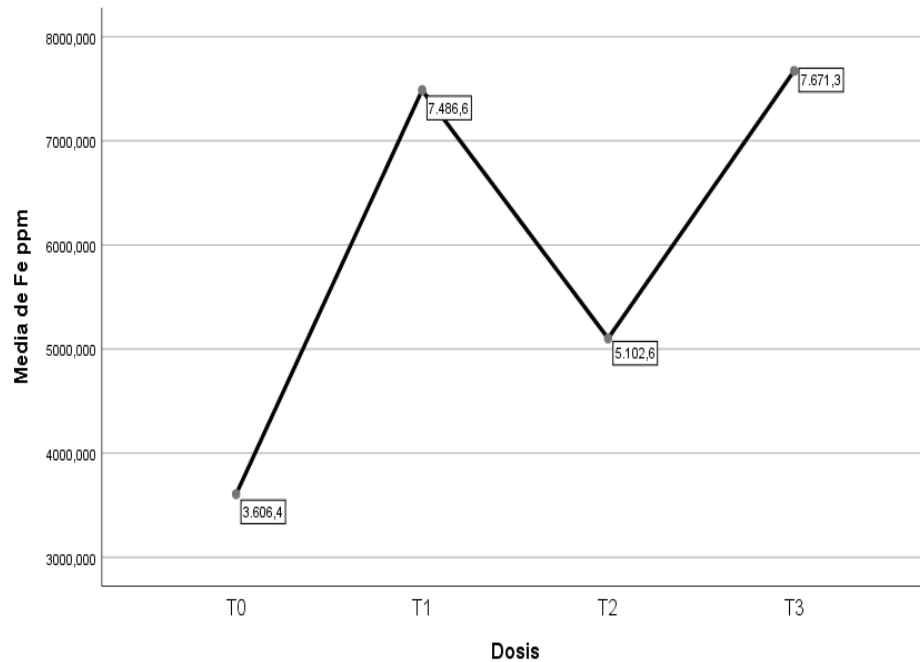
En la tabla 35, El valor-p, (Sig = 0,033 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 37.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el hierro del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |            |
|-------------|---|------------------------------|------------|
|             |   | 1                            | 2          |
| <b>T0</b>   | 3 | 3606,38167                   |            |
| <b>T2</b>   | 3 | 5102,57667                   | 5102,57667 |
| <b>T1</b>   | 3 | 7486,59333                   | 7486,59333 |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 7671,31000 |
| <b>Sig.</b> |   | ,059                         | ,251       |

En la Tabla 36, se identifican dos subconjuntos. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 3606.38 y la dosis T2 con 5102.58 ppm. El segundo subconjunto agrupa T2, T1 y T3 con valores de 5102.58 ppm, 7486.59 ppm y 7671.31 ppm, respectivamente. La superposición de T2 en ambos subconjuntos indica que no hay diferencias significativas entre T2 y el resto de los tratamientos del segundo grupo, pero sí con T0, lo que sugiere que el aumento en la dosis genera un incremento en la variable medida.



**Figura 19.** Gráfico de medias para el hierro (ppm) en el compost.

En la figura 19, La gráfica muestra la variación de la concentración de Fe (mg/L) en función de las dosis aplicadas. Se observa un aumento significativo desde T0 (3606.4 mg/L) hasta T1 (7486.6 mg/L), seguido de una disminución en T2 (5102.6 mg/L) y un incremento nuevamente en T3 (7671.3 mg/L).

Ciertos microorganismos producen sideróforos, compuestos que se unen al hierro y facilitan su solubilización y absorción por las plantas (Aguado, G, 2012).

Según Juárez (2022), los valores de hierro (Fe) en el compost presentaron variaciones similares a los obtenidos en este estudio. En su investigación, el tratamiento T2 (2L) registró la mayor concentración de Fe con 11,676.67 ppm, seguido del testigo con 9,562.33 ppm. Por otro lado, en el tratamiento de mayor dosis, T1 (3L), el contenido de Fe fue de 7,398 ppm, mientras que en T3 (1L) alcanzó 8,113.00 ppm. Estos resultados evidencian cómo la adición de microorganismos y otras variables pueden influir en la disponibilidad del hierro en el compost.

**n) Prueba de hipótesis para el Cobre (ppm) del compost**

**Tabla 38.** Análisis de varianza para el cobre del compost.

|                             | <b>Suma de<br/>cuadrados</b> | <b>gl</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|-----------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|-------------|
| <b>Entre grupos</b>         | 54,926                       | 3         | 18,309                      | 18,653   | ,001        |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 7,853                        | 8         | ,982                        |          |             |
| <b>Total</b>                | 62,779                       | 11        |                             |          |             |

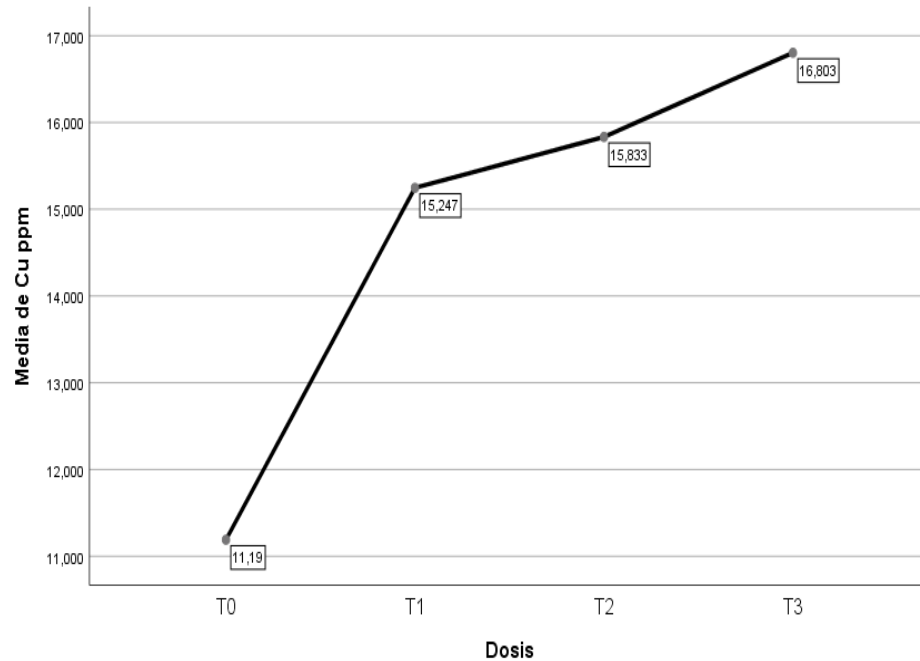
En la tabla 37, El valor-p, (Sig =0,001 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 39.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el cobre del compost.

| <b>Dosis</b> | <b>N</b> | <b>Subconjunto para alfa = 0.05</b> |          |
|--------------|----------|-------------------------------------|----------|
|              |          | <b>1</b>                            | <b>2</b> |
| <b>T0</b>    | 3        | 11,19000                            |          |
| <b>T1</b>    | 3        |                                     | 15,24667 |
| <b>T2</b>    | 3        |                                     | 15,83333 |
| <b>T3</b>    | 3        |                                     | 16,80333 |
| <b>Sig.</b>  |          | 1,000                               | ,291     |

En la tabla 38, se identifican dos subconjuntos. El primer subconjunto incluye la dosis T0 con una media de 11.19000. El segundo subconjunto agrupa T1, T2 y T3 con valores de 15.24667, 15.83333 y 16.80333, respectivamente. La separación de T0 en un subconjunto distinto indica diferencias significativas entre esta y las demás dosis, lo que sugiere que el aumento en la dosis genera un incremento en la variable medida.



**Figura 20.** Gráfico de medias para el cobre (ppm) en el compost.

En la figura 20, El gráfico muestra la relación entre las diferentes dosis y la media de Cu (mg/L). Se observa un incremento en la concentración de Cu a medida que aumenta la dosis, con un aumento pronunciado entre T0 y T1, seguido de incrementos menores en T2 y T3. Estos resultados coinciden con la prueba de comparaciones múltiples, donde T0 se encuentra en un subconjunto separado, indicando una diferencia significativa con las demás dosis.

El cobre es un micronutriente esencial, pero, al mismo tiempo, puede formar complejos estables con materia orgánica, lo que influye en su disponibilidad y concentración durante el proceso de compostaje.

Según (Vidal Romero, y otros, 2024), se obtuvieron resultados similares en la variación del cobre, evidenciando un aumento en su concentración a medida que se incrementa la dosis aplicada, con valores de 0.10 ppm en la dosis más baja, 0.13 ppm en la dosis intermedia y 2.70 ppm en la dosis más alta. Asimismo (Castillo. L, 2019), la variación del cobre en los tratamientos evidencia un aumento con la aplicación de microorganismos eficientes (EM) hasta un punto óptimo. Se observa un incremento desde 12 ppm en el tratamiento sin EM hasta 29 ppm con 1000 ml de EM, seguido de una disminución a 22 ppm con la dosis más alta de 2000 ml de EM, lo que sugiere un posible efecto de saturación o interacción con otros factores en el compostaje.

**o) Prueba de hipótesis para el Manganeso del compost**

**Tabla 40.** Análisis de varianza para el manganeso del compost.

|                             | <b>Suma de<br/>cuadrados</b> | <b>gl</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|-----------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|-------------|
| <b>Entre grupos</b>         | 1095885,318                  | 3         | 365295,106                  | 20,650   | ,000        |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 141515,725                   | 8         | 17689,466                   |          |             |
| <b>Total</b>                | 1237401,043                  | 11        |                             |          |             |

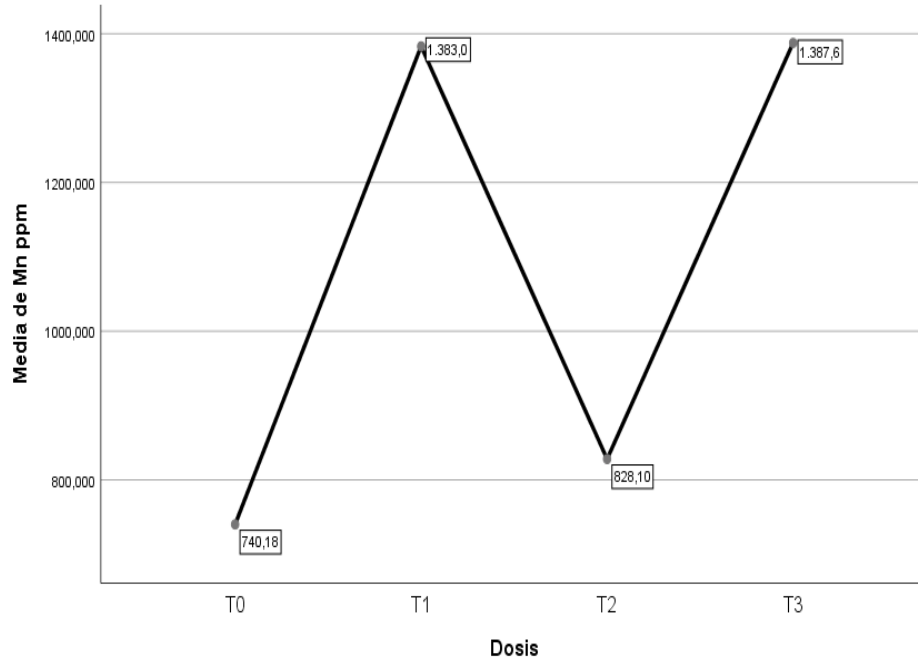
En la tabla 39, El valor-p, (Sig =0,000 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 41.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para el manganeso del compost.

| <b>Dosis</b> | <b>N</b> | <b>Subconjunto para alfa = 0.05</b> |            |
|--------------|----------|-------------------------------------|------------|
|              |          | <b>1</b>                            | <b>2</b>   |
| <b>T0</b>    | 3        | 740,17933                           |            |
| <b>T2</b>    | 3        | 828,09667                           |            |
| <b>T1</b>    | 3        |                                     | 1383,02000 |
| <b>T3</b>    | 3        |                                     | 1387,62000 |
| <b>Sig.</b>  |          | ,848                                | 1,000      |

En la tabla 40, se identifican dos subconjuntos. El primer subconjunto incluye las dosis T0 y T2 con medias de 740.17933 y 828.09667, respectivamente. El segundo subconjunto agrupa T1 y T3 con valores de 1383.02000 y 1387.62000. La falta de superposición entre los subconjuntos indica que existen diferencias significativas entre las dosis del primer y segundo grupo, sugiriendo que el aumento en la dosis influye en la variable medida.



**Figura 21.** Gráfico de medias para el manganeso (ppm) en el compost.

En la figura 21, El gráfico muestra la media de Mn (manganeso) en mg/L para diferentes dosis (T0, T1, T2 y T3). Se observa un aumento significativo de T0 a T1, una disminución en T2 y un nuevo incremento en T3. Esto sugiere que la dosis influye en la concentración de Mn, con valores más altos en T1 y T3 en comparación con T0 y T2.

Los microorganismos aceleran la descomposición de los residuos orgánicos, liberando Mn en formas más disponibles.

Según Vidal (2024), la variación del manganeso (Mn) evidencia un aumento conforme se incrementa la dosis de microorganismos eficientes. Se observa que, con la mayor dosis aplicada, la concentración de Mn alcanza 147.29 mg/kg, mientras que con la menor dosis disminuye a 0.83 mg/kg.

#### **4.2.3. Prueba de hipótesis sobre la calidad del compost en función a las propiedades biológicas del compost**

- Coliformes Totales (NMP/g)
- E. Coli (NMP/g)
- Levaduras y Mohos (ufc/gr)
- Actinomicetos (ufc/gr)
- **Para los tratamientos.**

Hipótesis nula  $H_0$ : cuando las medias son estadísticamente iguales

Hipótesis alterna H1: cuando las medias son estadísticamente desiguales

- ✓ Donde:  $u_0$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T0 (grupo de control)
- ✓ Donde:  $u_1$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T1
- ✓ Donde:  $u_3$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T2
- ✓ Donde:  $u_4$ : media en cada uno de los parámetros químicos en el T3

#### a) Coliformes Totales (NMP/gr)

Se analizo Coliformes Totales, obteniéndose ausencia en todos los grupos.

**Tabla 42.** Resultados del análisis microbiológico para Coliformes Totales.

| Parámetro          | Unidad | Medición | Interpretación |
|--------------------|--------|----------|----------------|
| Coliformes Totales | NMP/g  | 0        | Ausencia       |

#### b) E. Coli (NMP/gr)

Se analizo E. Coli, obteniéndose ausencia para todos los grupos.

**Tabla 43.** Resultados del análisis microbiológico de Actinomicetos.

| Parámetro | Unidad | Medición | Interpretación |
|-----------|--------|----------|----------------|
| E. Coli   | NMP/g  | 0        | Ausencia       |

No de detecto presencia de coliformes totales y E. Coli, en las muestras analizadas permite clasificar el compost como de Clase A según la norma chilena NCh 2880. (Ministerio de Agricultura, 2008); Además, el compost actúa como un insumo clave en la cadena trófica del suelo, favoreciendo la actividad biológica microbiana, mejorando las propiedades del sustrato y contribuyendo al control de enfermedades en los cultivos. Por lo tanto, el compost representa una alternativa eficiente para potenciar la producción en agroecosistemas y promover la conservación del suelo.

#### c) Prueba de hipótesis para Levaduras y Mohos (ufc/g) del compost

**Tabla 44.** Análisis de varianza para Levaduras y Mohos del compost.

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | ,008                 | 3  | ,003                | 8,133 | ,008 |
| <b>Dentro de grupos</b> | ,003                 | 8  | ,000                |       |      |
| <b>Total</b>            | ,010                 | 11 |                     |       |      |

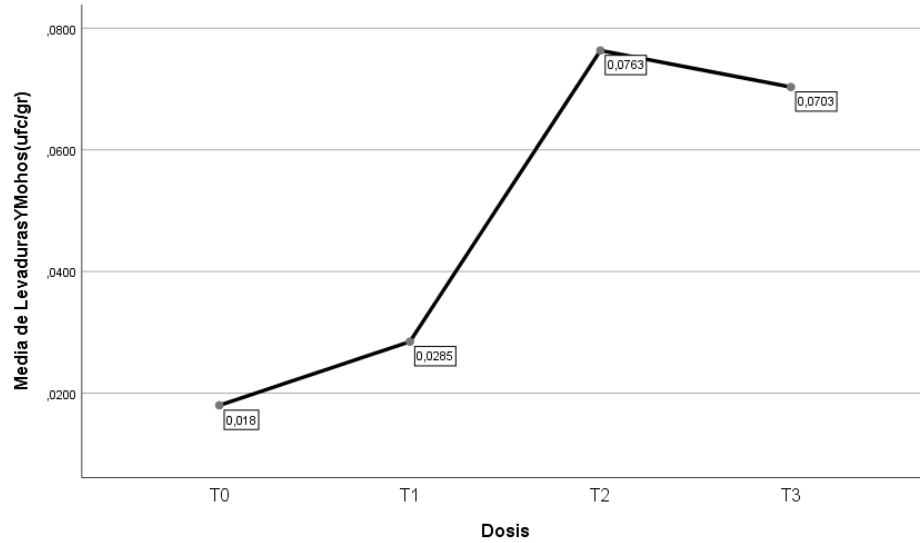
En la tabla 43, El valor-p, (Sig =0,008 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 45.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para Levaduras y Mohos del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|-------------|---|------------------------------|---------|---------|
|             |   | 1                            | 2       | 3       |
| <b>T0</b>   | 3 | ,018000                      |         |         |
| <b>T1</b>   | 3 | ,028467                      | ,028467 |         |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | ,070333 | ,070333 |
| <b>T2</b>   | 3 |                              |         | ,076333 |
| <b>Sig.</b> |   | ,887                         | ,079    | ,975    |

En la tabla 44, se identifican tres subconjuntos: el primero con T0 (0.018000) y T1 (0.028467), el segundo con T1 (0.028467) y T3 (0.070333), y el tercero con T3 (0.070333) y T2 (0.076333), lo que indica diferencias significativas entre los tratamientos, siendo T2 y T3 los de mayor valor y T0 el de menor media.



**Figura 22.** Gráfico de medias para levaduras y mohos (UFC/g) en el compost.

En la figura 22, El gráfico muestra la variación de la media de levaduras y mohos (ufc/gr) en función de las dosis aplicadas. Se observa un aumento progresivo desde T0 (0.018 ufc/gr) hasta T2 (0.0763 ufc/gr), donde se alcanza el valor máximo, seguido de una ligera disminución en T3 (0.0703 ufc/gr), lo que sugiere un posible efecto de saturación o inhibición en la última dosis.

Según Poccori (2022), los resultados obtenidos muestran una tendencia en la cual la dosis de EM influye significativamente en la variable medida. Se observa que el tratamiento con menor cantidad de EM (T3: 1L EM + 10 kg RF) presenta el mayor valor (60.02 ufc/gr), seguido por el tratamiento con dosis media (T2: 2L EM + 10 kg RF), mientras que el tratamiento con mayor dosis (T1: 3L EM + 10 kg RF) presenta el menor valor (30.00 ufc/gr).

Estos hallazgos coinciden con estudios previos donde se ha demostrado que la aplicación de EM en dosis moderadas favorece la actividad microbiana benéfica, mientras que dosis excesivas pueden generar desequilibrios en la comunidad microbiana y afectar la eficiencia del proceso (Higa & Parr, 2022).

e) Prueba de hipótesis para Actinomicetos (ufc/g) del compost

**Tabla 46.** Análisis de varianza para actinomicetos del compost.

|                             | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F       | Sig. |
|-----------------------------|----------------------|----|---------------------|---------|------|
| <b>Entre grupos</b>         | 65,629               | 3  | 21,876              | 151,935 | ,000 |
| <b>Dentro de<br/>grupos</b> | 1,152                | 8  | ,144                |         |      |
| <b>Total</b>                | 66,781               | 11 |                     |         |      |

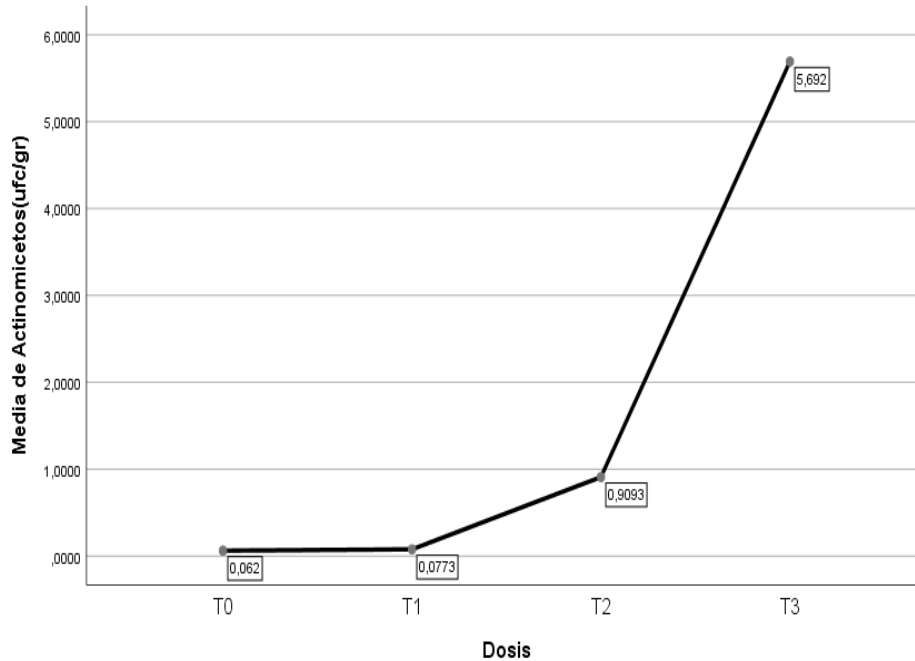
En la tabla 45, El valor-p, (Sig =0,000 < alfa = 0,05), menor valor a la asumida, entonces rechazo la Ho y acepto la H1, considerando una influencia significativa de la biota microbiana en el parámetro evaluado.

Por lo que se realizó la prueba de Tukey al 95%.

**Tabla 47.** Prueba de comparación de Tukey al 95% para actinomicetos del compost.

| Dosis       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |
|-------------|---|------------------------------|----------|
|             |   | 1                            | 2        |
| <b>T0</b>   | 3 | ,062000                      |          |
| <b>T1</b>   | 3 | ,077333                      |          |
| <b>T2</b>   | 3 | ,909333                      |          |
| <b>T3</b>   | 3 |                              | 5,692000 |
| <b>Sig.</b> |   | ,097                         | 1,000    |

En la tabla 46, se identifican dos subconjuntos. El primer subconjunto incluye las dosis T0, T1 y T2 con medias de 0.062000, 0.077333 y 0.909333, respectivamente. El segundo subconjunto está compuesto únicamente por T3, con una media de 5.692000. La separación de T3 en un subconjunto distinto indica diferencias significativas con respecto a las demás dosis, sugiriendo un aumento considerable en la variable medida al incrementar la dosis



**Figura 23.** Gráfico de medias para actinomicetos (UFC/g) en el compost.

En la figura 23, El gráfico muestra la media de actinomicetos (ufc/gr) en función de las dosis aplicadas, donde se observa un incremento progresivo desde T0 (0.062 ufc/g) y T1 (0.0773 ufc/g) hasta T2 (0.9093 ufc/g), alcanzando su valor máximo en T3 (5.692 ufc/g). Esta tendencia sugiere que el aumento de la dosis favorece significativamente el crecimiento de actinomicetos, especialmente en T3.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Juárez (2022), quien reportó un aumento significativo de actinomicetos en tratamientos con dosis crecientes de EM, alcanzando valores de 28.350 ufc/g en el nivel más bajo de aplicación (T3) en comparación con 13.360 ufc/g en el testigo. Esto sugiere que la adición de microorganismos eficientes favorece el crecimiento de actinomicetos. Los actinomicetos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de compuestos orgánicos complejos, como la celulosa y la lignina, contribuyendo a la estabilidad del compost y mejorando su calidad microbiológica (Gonzalez, Y. 2010).

### 4.3. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS

#### 4.3.1. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Chilena NCh 2880

**Tabla 48.** Clasificación de la calidad del compost según la norma NCh 2880.

| Parámetro                         | Unidad | NCh 2880 - Calidad A | NCh 2880 - Calidad B | T0 (0 L) | T1 (0.5 L) | T2 (1 L) | T3 (1.5 L) | Clase              |
|-----------------------------------|--------|----------------------|----------------------|----------|------------|----------|------------|--------------------|
| <b>Humedad</b>                    | %      | <25                  | 25-40                | 9.406    | 10.5567    | 22.149   | 20.465     | A                  |
| <b>pH</b>                         | -      | 5.0-8.5              | 5.0-8.5              | 10.13    | 10.1033    | 9.8467   | 9.48       | B                  |
| <b>CE</b>                         | dS/m   | ≤ a 3                | ≤ a 8                | 9.54     | 8.57       | 4.94     | 3.587      | T3=A; T0, T1, T2=B |
| <b>M. Seca</b>                    | %      | -                    | -                    | 90.594   | 89.4443    | 77.851   | 79.535     | -                  |
| <b>M. Orgánica</b>                | %      | ≥ a 45               | 25-45                | 16.337   | 49.8366    | 48.596   | 45.213     | T0=B; T0, T1, T2=A |
| <b>Cenizas</b>                    | %      | -                    | -                    | 74.257   | 39.608     | 29.255   | 34.3223    | -                  |
| <b>C</b>                          | %      | -                    | -                    | 8.168    | 24.9183    | 24.298   | 22.6063    | -                  |
| <b>N</b>                          | %      | ≥ a 0.8              | ≥ a 0.5              | 1.12     | 1.624      | 1.288    | 1.568      | A                  |
| <b>C/N</b>                        | -      | ≤ 25                 | -                    | 7.293    | 15.3533    | 18.8943  | 14.4743    | A                  |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | %      | <5                   | -                    | 0.297    | 0.35233    | 0.42933  | 0.437      | A                  |
| <b>Ca</b>                         | %      | >1                   | -                    | 1.339    | 2.221      | 2.94767  | 2.51367    | A                  |
| <b>Mg</b>                         | %      | >1                   | -                    | 0.306    | 0.454      | 0.445    | 0.551      | B                  |
| <b>Na</b>                         | %      | <1                   | -                    | 0.056    | 0.134      | 0.127    | 0.09367    | A                  |
| <b>K</b>                          | %      | -                    | -                    | 4.48     | 3.83933    | 2.312    | 2.26267    | -                  |
| <b>Zn</b>                         | ppm    | Max 200              | -                    | 109.84   | 175.196    | 156.356  | 180.08     | A                  |
| <b>Fe</b>                         | ppm    | -                    | -                    | 3606.38  | 7486.59    | 5102.57  | 7671.31    | -                  |
| <b>Cu</b>                         | ppm    | Max 200              | -                    | 11.19    | 15.2466    | 15.8333  | 16.8033    | A                  |
| <b>Mn</b>                         | mg/L   | -                    | -                    | 740.179  | 1383.02    | 828.096  | 1387.62    | -                  |
| <b>Levaduras y mohos</b>          | ufc/g  | -                    | -                    | 0.018    | 0.13167    | 0.07633  | 0.07033    | -                  |
| <b>Actinomicetos</b>              | ufc/g  | -                    | -                    | 0.062    | 0.07733    | 0.90933  | 5.692      | -                  |
| Calidad por tratamiento           |        |                      |                      | B        | A          | A        | A          |                    |

En la tabla 47, se muestra parámetros de evaluación físicos-químicos-biológicos de de la calidad del compost obtenido, comparados con la norma chilena NCh 2880. Se observa que

el pH y la conductividad eléctrica (C.E.) cumplen con los requisitos para un compost de clase B, mientras que la materia orgánica (M.O.), el nitrógeno (N), el fósforo ( $P_2O_5$ ) y el sodio (Na) cumplen con los requisitos para un compost de clase A. Además, la humedad en todas las muestras analizadas se encuentra dentro del rango establecido, mientras que la materia seca y las cenizas presentan variaciones entre los tratamientos. En cuanto a los metales pesados como Zn, Fe y Cu, estos cumplen con los límites permisibles según la norma chilena 2880.

**Tabla 49.** Clasificación final de la calidad del compost según la Norma Chilena NCh 2880.

| <b>Tratamiento</b> | <b>Cumple Nach<br/>2880 (%)</b> | <b>Parámetros fuera de<br/>norma</b> | <b>Clase</b> |
|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| <b>T3 (1.5 L)</b>  | 83%                             | 2 parámetro fuera                    | <b>A</b>     |
| <b>T2 (1 L)</b>    | 75%                             | 3 parámetros fuera                   | <b>A</b>     |
| <b>T1 (0.5 L)</b>  | 75%                             | 3 parámetros fuera                   | <b>A</b>     |
| <b>T0 (0 L)</b>    | 66%                             | 4 parámetros fuera                   | <b>B</b>     |

En la tabla 48, indican que el tratamiento T3 (1.5L) presentó el mayor cumplimiento con la norma NCh 2880, alcanzando un 83% y solo con dos parámetros fuera de norma, clasificándose en la categoría A. Los tratamientos T2 (1L) y T1 (0.5L) obtuvieron un cumplimiento del 75%, con tres parámetros fuera de norma, pero también fueron clasificados en la categoría A. En contraste, el tratamiento T0 (0L) presentó el menor porcentaje de cumplimiento (66%), con cuatro parámetros fuera de norma, lo que resultó en su clasificación como compost de clase B. Estos resultados sugieren que el aumento en la cantidad de tratamiento aplicado mejora la calidad del compost generado.

### 4.3.2. Evaluar la calidad del compost en base a los criterios de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167

**Tabla 50.** Clasificación de la calidad del compost según la Norma NTC 5167.

| Parámetro                         | Unidad | NTC - 5167 | T0 (0 L) | T1 (0.5 L) | T2 (1 L) | T3 (1.5 L) | Nivel               |
|-----------------------------------|--------|------------|----------|------------|----------|------------|---------------------|
| <b>Humedad</b>                    | %      | 20-35%     | 9.406    | 10.5567    | 22.149   | 20.465     | T0, T1=**; T2, T3=* |
| <b>pH</b>                         | -      | 4.0-9.0    | 10.13    | 10.1033    | 9.8467   | 9.48       | T0, T1,T2=**; T3=*  |
| <b>CE</b>                         | dS/m   |            | 9.54     | 8.57       | 4.94     | 3.587      | -                   |
| <b>M. Seca</b>                    | %      |            | 90.594   | 89.44433   | 77.851   | 79.535     | -                   |
| <b>M. Orgánica</b>                | %      | min 15%    | 16.337   | 49.83667   | 48.596   | 45.213     | T0**; T1, T2, T3*   |
| <b>Cenizas</b>                    | %      | max 60     | 74.257   | 39.608     | 29.255   | 34.32233   | T0**; T1, T2, T3*   |
| <b>C</b>                          | %      |            | 8.168    | 24.91833   | 24.298   | 22.60633   | -                   |
| <b>N</b>                          | %      | >1         | 1.12     | 1.624      | 1.288    | 1.568      | *                   |
| <b>C/N</b>                        | -      |            | 7.293    | 15.35333   | 18.89433 | 14.47433   | -                   |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | %      | > 1        | 0.297    | 0.35233    | 0.42933  | 0.437      | **                  |
| <b>Ca</b>                         | %      |            | 1.339    | 2.221      | 2.94767  | 2.51367    | -                   |
| <b>Mg</b>                         | %      |            | 0.306    | 0.454      | 0.445    | 0.551      | -                   |
| <b>Na</b>                         | %      |            | 0.056    | 0.134      | 0.127    | 0.09367    | -                   |
| <b>K</b>                          | %      |            | 4.48     | 3.83933    | 2.312    | 2.26267    | -                   |
| <b>Zn</b>                         | ppm    |            | 109.84   | 175.1967   | 156.3567 | 180.08     | -                   |
| <b>Fe</b>                         | ppm    |            | 3606.382 | 7486.593   | 5102.577 | 7671.31    | -                   |
| <b>Cu</b>                         | ppm    |            | 11.19    | 15.24667   | 15.83333 | 16.80333   | -                   |
| <b>Mn</b>                         | mg/L   |            | 740.1793 | 1383.02    | 828.0967 | 1387.62    | -                   |
| <b>Levaduras y mohos</b>          | ufc/g  |            | 0.018    | 0.13167    | 0.07633  | 0.07033    | -                   |
| <b>Actinomicetos</b>              | ufc/g  |            | 0.062    | 0.07733    | 0.90933  | 5.692      | -                   |

\* Valor dentro del Rango; \*\* Valor fuera del Rango

En la tabla 49, se muestra parámetros de evaluación físicos-químicos-biológicos de la calidad de compost que se obtuvieron a partir del Pseudo Tallo de Plátano, los distintos tratamientos fueron comparados con la Norma Técnica Colombiana 5167. Los tratamientos con mayor aplicación (T1, T2 y T3) muestran mejores características fisicoquímicas y un mayor cumplimiento con la norma NTC 5167, mientras que T0 presenta más desviaciones de los parámetros recomendados.

**Tabla 51.** Clasificación final del compost según la Norma Técnica Colombiana NTC 5167.

| <b>Tratamiento</b> | <b>Cumple NTC<br/>5167 (%)</b> | <b>Parámetros fuera de<br/>norma</b> | <b>NIVEL</b> |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| <b>T3 (1.5 L)</b>  | 83%                            | 1 parámetro fuera                    | <b>BUENA</b> |
| <b>T2 (1 L)</b>    | 66%                            | 2 parámetros fuera                   | <b>BUENA</b> |
| <b>T1 (0.5 L)</b>  | 50%                            | 3 parámetros fuera                   | <b>MEDIA</b> |
| <b>T0 (0 L)</b>    | 16%                            | 5 parámetros fuera                   | <b>BAJA</b>  |

En la tabla 50, se muestran la calidad de compost que resultaron según la norma NTC 5167, el tratamiento T3 (1.5L) presenta la mejor calidad con un 83% de cumplimiento y solo un parámetro fuera de norma, seguido de T2 (1L) con 66% y dos parámetros fuera, ambos clasificados como "BUENA". T1 (0.5L) alcanza un 50% de cumplimiento con tres parámetros fuera, considerado "MEDIA", mientras que T0 (0L) es el de menor calidad, con solo 16% de cumplimiento y cinco parámetros fuera, clasificado como "BAJA". Esto indica que una mayor aplicación del tratamiento mejora la calidad del compost.

### 4.3.3. Evaluar la calidad del compost en base a los estándares de la OMS

**Tabla 52.** Clasificación de la calidad del compost según la OMS.

| Parámetro                         | Unidad | OMS       | T0 (0L) | T1 (0.5L) | T2 (1L) | T3 (1.5L) | OMS                     |
|-----------------------------------|--------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-------------------------|
| <b>Humedad</b>                    | %      | 30%-50%   | 9.406   | 10.5567   | 22.149  | 20.465    | **                      |
| <b>pH</b>                         | -      | 6.0-9.0   | 10.13   | 10.1033   | 9.8467  | 9.48      | T3*;<br>T1,T2,T3**      |
| <b>CE</b>                         | dS/m   |           | 9.54    | 8.57      | 4.94    | 3.587     |                         |
| <b>M. Seca</b>                    | %      |           | 90.594  | 89.4443   | 77.851  | 79.535    | -                       |
| <b>M. Orgánica</b>                | %      | 25-50%    | 16.337  | 49.8366   | 48.596  | 45.213    | T0**;<br>T1, T2,<br>T3* |
| <b>Cenizas</b>                    | %      |           | 74.257  | 39.608    | 29.255  | 34.3223   |                         |
| <b>C</b>                          | %      |           | 8.168   | 24.9183   | 24.298  | 22.6063   | -                       |
| <b>N</b>                          | %      | 0.4%-3.5% | 1.12    | 1.624     | 1.288   | 1.568     | *                       |
| <b>C/N</b>                        | -      |           | 7.293   | 15.3533   | 18.8943 | 14.4743   | -                       |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | %      | 0.3%-1.8% | 0.297   | 0.35233   | 0.42933 | 0.437     | T0**;<br>T1, T2,<br>T3* |
| <b>Ca</b>                         | %      |           | 1.339   | 2.221     | 2.94767 | 2.51367   | -                       |
| <b>Mg</b>                         | %      |           | 0.306   | 0.454     | 0.445   | 0.551     | -                       |
| <b>Na</b>                         | %      |           | 0.056   | 0.134     | 0.127   | 0.09367   | -                       |
| <b>K</b>                          | %      |           | 4.48    | 3.83933   | 2.312   | 2.26267   | -                       |
| <b>Zn</b>                         | ppm    |           | 109.84  | 175.196   | 156.356 | 180.08    | -                       |
| <b>Fe</b>                         | ppm    |           | 3606.38 | 7486.59   | 5102.57 | 7671.31   | -                       |
| <b>Cu</b>                         | ppm    |           | 11.19   | 15.2466   | 15.8333 | 16.8033   | -                       |
| <b>Mn</b>                         | mg/L   |           | 740.179 | 1383.02   | 828.096 | 1387.62   | -                       |
| <b>Levaduras y mohos</b>          | ufc/g  |           | 0.018   | 0.13167   | 0.07633 | 0.07033   | -                       |
| <b>Actinomicetos</b>              | ufc/g  |           | 0.062   | 0.07733   | 0.90933 | 5.692     | -                       |

\* Valor dentro del Rango; \*\* Valor fuera del Rango

En la tabla 51, se muestra parámetros de evaluación físicos-químicos-biológicos de la calidad de compost que se obtuvieron a partir del Pseudo Tallo de Plátano, los distintos tratamientos fueron comparados con la OMS.

**Tabla 53.** Clasificación final de la calidad del compost según la OMS.

| <b>Tratamiento</b> | <b>OMS (%)</b> | <b>Parámetros fuera de norma</b> | <b>NIVEL</b> |
|--------------------|----------------|----------------------------------|--------------|
| <b>T3 (1.5 L)</b>  | 80%            | 1 parámetro fuera                | <b>BUENA</b> |
| <b>T2 (1 L)</b>    | 60%            | 2 parámetros fuera               | <b>MEDIA</b> |
| <b>T1 (0.5 L)</b>  | 60%            | 3 parámetros fuera               | <b>MEDIA</b> |
| <b>T0 (0 L)</b>    | 20%            | 4 parámetros fuera               | <b>BAJA</b>  |

En la tabla 52, se muestran la calidad de compost que resultaron Según la OMS, el tratamiento T3 (1.5 L) presenta la mejor calidad con un 80% de cumplimiento y solo un parámetro fuera de norma, clasificado como "BUENA". T2 (1 L) y T1 (0.5 L) tienen un 60% de cumplimiento, pero con dos y tres parámetros fuera de norma, respectivamente, ambos con nivel "MEDIA". T0 (0 L) es el de menor calidad, con solo 20% de cumplimiento y cuatro parámetros fuera, clasificado como "BAJA". Esto indica que una mayor aplicación del tratamiento mejora la calidad del compost.

## V. CONCLUSIONES

El cumplimiento del objetivo general afirmo que el uso de la biota microbiana tiene una influencia significativa a diferentes concentraciones trabajadas frente al testigo en la elaboración del compost a partir del pseudo tallo de la *Musa paradisiaca* (plátano) en el caserío de villa Rica – Leoncio Prado; donde el T3 (1.5 L), tiene mejor comportamiento en el proceso de compostaje en relación con el testigo y los demás tratamientos,

En relación con el objetivo específico 1 y 2, se concluye que los tratamientos con la biota microbiana influyen en la calidad de las propiedades físicas y químicas del compost a partir de *Musa Paradisiaca* (plátano) en comparación con el tratamiento testigo. Según la norma colombiana NTC 5167, T3 (1.5 L) y T2 (1 L) alcanzaron calidad buena, T1 (0.5 L) media y T0 (0L) baja. Según la norma chilena NCh 2880, T3, T2 y T1 lograron Clase A, mientras que T0 Clase B. Según la OMS, T3 obtuvo calidad buena, T2 y T1 media, y T0 baja, evidenciando que el uso de biota microbiana mejora la calidad del compost.

En relación con el objetivo específico 3, se determinó que la incorporación de biota microbiana influye en la calidad de las propiedades biológicas del compost derivado de la *Musa paradisiaca*. Se observó la ausencia de coliformes totales y *E. Coli* en todos los tratamientos, mientras que el aumento en la dosis de biota microbiana favoreció el crecimiento de levaduras, mohos y actinomicetos, reflejando una mayor actividad microbiológica. Según la norma chilena NCh 2880, estos resultados clasifican el compost dentro de la calidad A.

## **VI. PROPUESTA A FUTURO**

Mejorar la relación de humedad en el compostaje dado que el pseudo tallo de plátano tiene un alto contenido de agua, se recomienda mezclarlo con materiales más secos, como residuos de poda o aserrín, para optimizar la relación de humedad y favorecer mayores temperaturas durante el proceso de compostaje.

Es recomendable realizar análisis periódicos de parámetros como la relación C/N y la actividad microbiana para garantizar que el compost obtenido alcance un estado óptimo para su uso agrícola.

Es recomendable evaluar el efecto del compost producido en diferentes cultivos y suelos para determinar su influencia en la fertilidad y productividad agrícola.

Investigaciones futuras podrían analizar la viabilidad de mezclar el pseudo tallo de plátano con otros residuos orgánicos para mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del compost final.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrotecnia. (2019). Bacterias y hongos: El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Obtenido de [https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/22/bacterias-y-hongos-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/22/bacterias-y-hongos-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/?utm_source=chatgpt.com)
- Aguilar, J. A. (2020). Evaluación de la calidad del compost y efecto de la implementación de microorganismo benéficos (Bio-Heral) en la producción de abono, a partir de los residuos orgánicos. 57.
- Angela Margarita Basurto Salazar, G. M. (2024). Enhancing compost quality with bacillusbacteriaLeveraging cocoa shells and banana pseudostems. 23, 1-30. doi:<http://dx.doi.org/10.13135/2384-8677/10803>
- Antacahuana Tito, E. Y., & Rivera Chipana, D. d. (2024). Influencia de microorganismos eficientes en la obtención de. Obtenido de [file:///C:/Users/asus/Downloads/Antacahuana\\_TEY-Rivera\\_CDDP-SD.pdf](file:///C:/Users/asus/Downloads/Antacahuana_TEY-Rivera_CDDP-SD.pdf)
- Camacho Céspedes, F., Uribe Lorío, L., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). 12.
- Carranza, M. H. (2019). Concentración de nitrógeno, fosforo, potasio y calcio en el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos de mercados populares y residencias de Huaraz-Ancash. Obtenido de [https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/view/647/818](https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/647/818)
- Cely, C. H. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Castillo\\_Huaman\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf)
- Combox. (2020). Los nutrientes en el compost. Combox. Obtenido de <https://www.compostadores.com/index.php/descubre-el-compostaje/la-cosecha-el-compost-casero/154-los-nutrientes-en-el-compost.html>

- Correa, M. F. (2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Revista Peruana de Biología*, 16(2), 239-242. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332009000200019&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332009000200019&lng=es&nrm=iso). ISSN 1727-9933.
- De La Peña Nolverto, C. (2019). Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro. 61.
- Ecologica, A. (2018). El Compostaje. Plataforma ecologica. Obtenido de <https://www.plataformaecologica.com/agricultura-ecologica/el-compostaje/>
- Eloy, G. M. (2013). Microorganismos eficientes (EM), en la elaboración de compost a partir del raquis y pseudo tallo de BANANO (*Mussa spp.*). Obtenido de [chrome-extension://efaihttps://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/db099c73-e169-46a4-a27e-ba218923113d/content](https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/db099c73-e169-46a4-a27e-ba218923113d/content)
- Fertilab. (2020). El sodio y la fertilidad del suelo. Fertilab. Obtenido de [chrome-extension://efaihttps://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas\\_Tecnicas/pdf\\_nota/EL\\_SODIO\\_Y\\_LA\\_FERTILIDAD\\_DEL\\_SUELO.pdf](https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/EL_SODIO_Y_LA_FERTILIDAD_DEL_SUELO.pdf)
- Flores, J. (2021). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos. *Revista Boliviana de Administracion*.
- Gerardo A. Aguado–Santacruz, B. M.–G.–F.–M.–O. (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosidóforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 9-21. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000100004&lng=es&nrm=iso)
- Gipuzkoa. (2020). Interpretación de los análisis de compost . Obtenido de [chromehttps://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost\\_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012?utm_source=chatgpt.com)
- González, J. Y. (2010). Los actinomicetos: una vision como promotores de crecimiento vegetal. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>
- INEI. (2019). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar-ENDES 2019 (resultados preliminares).

- Juan de Dios Huacho, M. D. (2019). Calidad del compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos producidos en el caserío de Marona, Tingo María - región Leoncio Prado. Tingo Maria.
- Juárez, R. P. (2022). Microorganismos eficaces, enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de .
- Ley, 2. (28 de JUNIO de 2008). Ley General de Residuos Sólidos.
- Loayza Dueñas, R., & Gallegos Jara, R. O. (2020). Efecto del uso de tres tipos de aceleradores biológicos en el compostaje de residuos orgánicos de mercados, parques y jardines de Arequipa. 14.
- Márquez, P. B., Blanco, M. J., & Capitán, y. F. (2020). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Marquez, P. D. (2019). Factores que afectan al proceso de compostaje. Universidad de Huelva. Facultad de ciencias experimentales Campus El Carmen. Huelva. .
- Melendrez Moreto, N. A., & Sánchez Delgado, J. (2019). Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi. Obtenido de chrome-extens<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/05c14be9-e1dd-4046-93d5-f2532264033f/content>
- Mervat Morsy , A. E.-G., Salha Hassan , M. A.-Z., & Ahmed Mohamed , A. E.-B. (2016). Construction of Potent Recombinant Strain Through Intergeneric Protoplast Fusion in Endophytic Fungi for Anticancerous Enzymes Production Using Rice Straw. Springer Science+Business , 21.
- Moya, K. C. (2022). Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos - provincia de Chupaca 2021. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12140/2/IV\\_FIN\\_107\\_T E\\_Reyes\\_Moya\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12140/2/IV_FIN_107_T E_Reyes_Moya_2022.pdf)
- Muñoz, J. A. (2021). Dinámica del nitrógeno y el carbón orgánico en el proceso de descomposición de una composta con estiércol de bovino y residuos de cosecha.

- Agrofaz, 3(2), 19-26. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8325239>
- Norma Chilena Oficial, N. (2004). Norma Chilena Oficial.
- Norma Técnica Colombiana, N. 5. (2004). Productos para la industria agrícola: productos orgánicos utilizados como abonos, fertilizantes y enmiendas del suelo.
- Rengel, Z. (2015). Disponibilidad de Mn, Zn y Fe en la rizosfera. *Revista de ciencia del suelo y nutrición vegetal*. doi:doi.org/10.4067/S0718-95162015005000036
- Rojas, M. R. (2021). Caracterización fisicoquímica y calidad del compost. Tingo Maria.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Obtenido de chrome-extensio<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86a00877-877d-4fa7-8608-32071e1464d8/content>
- Solorzano, P. R. (2020). P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O expresan el contenido de fósforo y potasio de los fertilizantes. Obtenido de Minuta agropecuaria: <https://www.minutaagropecuaria.com/ambiente/p2o5-k2o-expresan-contenido-fosforo-potasio-los-fertilizantes/>
- Soto, D. B., & Remache-Coyago, A. (2021). Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/platano para creación de partes automotrices. 6(6), 3-23. doi:DOI: 10.23857/pc.v6i6.2737
- Tighe Neira Ricardo., L. C. (2014). Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la norma chilena N°2880.
- Tortosa, G. (2018). La humedad influye más en la actividad microbiana del compost que su temperatura. Obtenido de <https://www.compostandociencia.com/2018/02/la-humedad-influye-mas-en-la-actividad-microbiana-del-compost-que-su-temperatura/>
- Tortosa, G. (2018). La importancia de la relación carbono-nitrógeno en un compost. Obtenido de [https://www.compostandociencia.com/2018/04/la-importancia-de-la-relacion-carbono-nitrogeno-en-un-compost/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.compostandociencia.com/2018/04/la-importancia-de-la-relacion-carbono-nitrogeno-en-un-compost/?utm_source=chatgpt.com)
- Tortosa, G. (2022). Compost como sustituto de fertilizantes minerales de fósforo y potasio. Obtenido de [https://www.compostandociencia.com/2022/12/compost-como-sustituto-de-fertilizantes-minerales-de-fosforo-y-potasio/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.compostandociencia.com/2022/12/compost-como-sustituto-de-fertilizantes-minerales-de-fosforo-y-potasio/?utm_source=chatgpt.com)

Vidal Romero, L. C. (2023). Microorganismos eficientes en la descomposición de residuos. Tingo Maria.

Vidal Romero, L. C., Gutiérrez Collao, J. E., Saldaña Chafloque, C. F., Palomino-Santos, E. R., Carrasco Llaique, C. V., & Torres Zurita, N. M. (2024). Producción de compost mediante la degradación de residuos sólidos orgánicos con microorganismos eficientes en Leoncio Prado. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(2), 37-46. doi:<https://doi.org/10.53287/etxd3287pd78d>

## VIII. ANEXO

### ANEXO A. Reporte de análisis de laboratorio de las características físicoquímicos y microbiológicas del compost.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



# ANALISIS ESPECIAL



#### 1. DATOS

|               |                       |                   |                |
|---------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| SOLICITANTE:  | JESUS JARA ALEX       | MUESTREADO POR:   | EL SOLICITANTE |
| DEPARTAMENTO: | HUANUCO               | FECHA DE REPORTE: | 16/02/2025     |
| PROVINCIA:    | LEONCIO PRADO         | RECIBO O FACTURA: | 65971          |
| DISTRITO:     | SANTO DOMINGO DE ANDA | MUESTRA:          | COMPOST        |

#### 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

| DATOS DE LA MUESTRA |      | RESULTADOS EN BASE HUMEDA |            |                |                  |                      |             |        |       |        |                                   | RESULTADOS EN BASE SECA |        |        |       |        |         |        |         |  |  |
|---------------------|------|---------------------------|------------|----------------|------------------|----------------------|-------------|--------|-------|--------|-----------------------------------|-------------------------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|---------|--|--|
| Código              | Dato | PH                        | CE (uS/cm) | Humedad Hd (%) | Materia Seca (%) | Materia Organica (%) | Cenizas (%) | C (%)  | N (%) | C/N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | Ca (%)                  | Mg (%) | Na (%) | K (%) | Zn ppm | Fe ppm  | Cu ppm | Mn ppm  |  |  |
| E25-0001            | T1R1 | 10.12                     | 8490       | 12.808         | 87.192           | 49.261               | 37.931      | 24.631 | 1.568 | 15.708 | 0.387                             | 1.802                   | 0.481  | 0.116  | 4.700 | 172.32 | 5834.46 | 15.93  | 1441.24 |  |  |
| E25-0002            | T1R2 | 10.08                     | 8910       | 9.453          | 90.547           | 50.249               | 40.299      | 25.124 | 1.624 | 15.471 | 0.326                             | 2.473                   | 0.434  | 0.128  | 3.407 | 168.41 | 9535.16 | 14.78  | 1531.32 |  |  |
| E25-0003            | T1R3 | 10.11                     | 8310       | 9.406          | 90.594           | 50.000               | 40.594      | 25.000 | 1.680 | 14.881 | 0.344                             | 2.388                   | 0.447  | 0.158  | 3.411 | 184.86 | 7090.16 | 15.03  | 1176.50 |  |  |
| E25-0004            | T2R1 | 9.87                      | 5030       | 22.660         | 77.340           | 47.783               | 29.557      | 23.892 | 1.288 | 18.549 | 0.421                             | 3.650                   | 0.468  | 0.124  | 2.483 | 157.64 | 4914.65 | 17.13  | 965.61  |  |  |
| E25-0005            | T2R2 | 9.85                      | 4890       | 22.500         | 77.500           | 48.500               | 29.000      | 24.250 | 1.344 | 18.043 | 0.478                             | 2.187                   | 0.493  | 0.103  | 1.939 | 132.06 | 6349.68 | 14.90  | 742.58  |  |  |
| E25-0006            | T2R3 | 9.82                      | 4900       | 21.287         | 78.713           | 49.505               | 29.208      | 24.752 | 1.232 | 20.091 | 0.389                             | 3.006                   | 0.374  | 0.154  | 2.514 | 179.37 | 4043.40 | 15.47  | 776.10  |  |  |
| E25-0007            | T3R1 | 9.48                      | 3600       | 20.197         | 79.803           | 45.813               | 33.990      | 22.906 | 1.456 | 15.732 | 0.423                             | 2.531                   | 0.536  | 0.071  | 2.372 | 172.65 | 8932.10 | 17.28  | 1314.81 |  |  |
| E25-0008            | T3R2 | 9.49                      | 3550       | 19.307         | 80.693           | 45.050               | 35.644      | 22.525 | 1.568 | 14.365 | 0.443                             | 3.067                   | 0.630  | 0.107  | 2.196 | 153.07 | 8575.46 | 16.38  | 1392.64 |  |  |
| E25-0009            | T3R3 | 9.47                      | 3610       | 21.891         | 78.109           | 44.776               | 33.333      | 22.388 | 1.680 | 13.326 | 0.445                             | 1.943                   | 0.487  | 0.103  | 2.220 | 214.52 | 5506.37 | 16.75  | 1455.41 |  |  |
| E25-0010            | T0   | 10.13                     | 9540       | 9.406          | 90.594           | 16.337               | 74.257      | 8.168  | 1.120 | 7.293  | 0.297                             | 1.339                   | 0.306  | 0.056  | 4.480 | 109.84 | 2570.49 | 11.19  | 608.74  |  |  |

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. Hubo Alfredo Huamani Yufanqui*

Dr. HUBO ALFREDO HUAMANI YUFANQUI

Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
analisisdesuelosna@hotmail.com

Calle Central Km 1.21 - Tingo María

CELULAR 944427531

Figura 24. Resultados del análisis físico y químicos del compost

**Tabla 54.** Resultados de análisis microbiológicas del compost

| Muestra | Análisis microbiológicos |                      |                           |                        |
|---------|--------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|
|         | Coliformes Totales       | E, Coli (Coliformes) | Levaduras y Mohos(ufc/gr) | Actinomicetos (ufc/gr) |
| T0      | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,018                     | 0,062                  |
| T1R1    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,344                     | 0,112                  |
| T1R2    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,012                     | 0,058                  |
| T1R3    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,039                     | 0,062                  |
| T2R1    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,043                     | 1,072                  |
| T2R2    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,101                     | 0,328                  |
| T2R3    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,085                     | 1,328                  |
| T3R1    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,071                     | 6,24                   |
| T3R2    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,06                      | 5,136                  |
| T3R3    | Ausencia - 0             | Ausencia - 0         | 0,08                      | 5,7                    |

**ANEXO B. Panel fotográfico.****Figura 25.** Instalación de la estructura para el compostaje.



**Figura 26.** Instalación de la estructura para el compostaje.



**Figura 27.** Preparación de la solución con microorganismos eficientes.



**Figura 28.** Medición de melaza y microorganismos para activación microbiana.



**Figura 29.** Activación de microorganismos eficientes para los 4 tratamientos durante siete días.



**Figura 30.** Triturado y disposición del material en la compostera.



**Figura 31.** Registro de temperatura y humedad durante el proceso.



**Figura 32.** Registro de temperatura y humedad durante el proceso



**Figura 33.** Observación de la evolución de la materia orgánica.



**Figura 34.** Extracción de muestras representativas del compost.

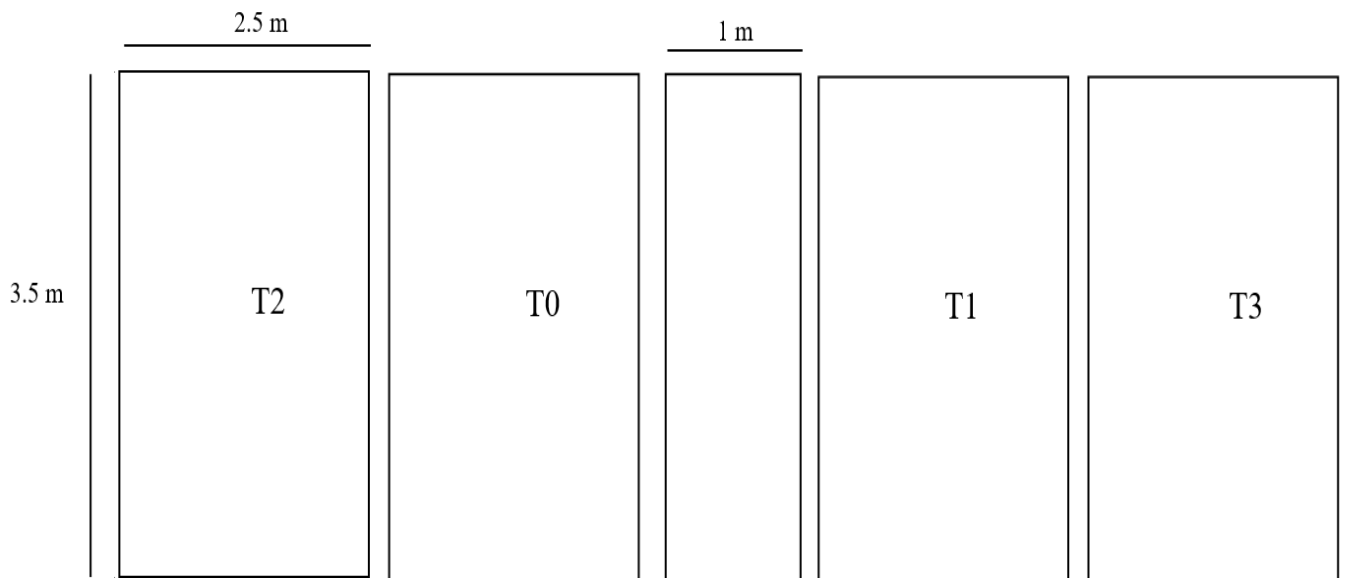


**Figura 35.** Pesado de muestras y rotuladas para análisis de laboratorio.



**Figura 36.** Muestras rotuladas para análisis de laboratorio.

**ANEXO C. Esquema Representativo del Diseño Completamente al Azar (DCA).**



**ANEXO D. Operacionalización de las variables de estudio.**

| <b>VARIABLES</b>   | <b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>                      | <b>INDICADORES</b> | <b>ÍNDICES</b> |
|--|--|--------------------|----------------|
| <b>INDEPENDIENTE</b><br><br>Dosis de Biota Microbiana EM | Microorganismos Activados                          | Dosis Alto         | 1.5 Litros     |
|  |  | Dosis Medio        | 1 Litros       |
|  |  | Dosis Bajo         | 0.5 Litros     |
| <b>DEPENDIENTE</b><br><br>Calidad del compost            | Parámetros fisicoquímicos y biológicos del compost | Humedad            | (%)            |
| Materia Seca   |  | (%)                |                |
| Materia Orgánica   |  | (%)                |                |
| Cenizas  |  | (%)                |                |
| pH   |  | Escala             |                |
| Conductividad Eléctrica                                  |  | (uS/cm)            |                |
| Carbono  |  | (%)                |                |
| Nitrógeno  |  | (%)                |                |
| Relación Carbono/Nitrógeno                               |  | (C/N)              |                |
| Oxido fosfórico  |  | (%)                |                |
| Calcio   |  | (%)                |                |
| Magnesio   |  | (%)                |                |
| Sodio  |  | (%)                |                |
| Potasio  |  | (%)                |                |
| Zinc   |  | (ppm)              |                |
| Hierro   |  | (ppm)              |                |
| Cobre  |  | (ppm)              |                |
| Manganeso  |  | (ppm)              |                |
| Coliformes totales                                       |  | NMP/g              |                |
| E coli   |  | NMP/g              |                |
| Mohos y Levaduras  | UFC/g  |                    |                |
| Actinomicetos  | UFC/g  |                    |                |