

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia del compostaje mejorado en la calidad del
compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la
Granja Montefino, Llachoccmayo - Ayacucho 2021**

Edelisa Cutti Huamani
Karin Luz Flores Rodriguez
William Flores Soto

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Ayacucho, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFLUENCIA DEL COMPOSTAJE MEJORADO EN LA CALIDAD DEL COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA GRANJA MONTEFINO, LLACHOCCMAYO – AYACUCHO 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

2%

★ repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

INFLUENCIA DEL COMPOSTAJE MEJORADO EN LA CALIDAD DEL COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA GRANJA MONTEFINO, LLACHOCCMAYO – AYACUCHO 2021

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

/0

COMENTARIOS GENERALES

Instructor

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Continental, a la escuela académica de Ingeniería Ambiental, por permitirnos ser parte de este nivel de formación y cumplir nuestros objetivos profesionales.

Al asesor, Mag. Pablo Cesar Espinoza Tumialán, por guiarnos durante el proceso de la investigación, brindarnos todo su apoyo, y compartir sus conocimientos, con su paciencia y tiempo.

A la Granja Montefino por abrirnos las puertas de sus instalaciones y facilitarnos los equipos para llevar a cabo nuestra investigación, a los trabajadores que fueron participes en el desarrollo del trabajo de investigación y que hoy se ve concretado.

Agradecimiento del presente proyecto de investigación principalmente a Dios, por darnos la voluntad y brindarnos fuerza para seguir en este proceso de obtener uno de nuestros anhelos más deseados.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por ser ese apoyo fundamental, incansable e incondicional. A mi esposo y al ser máspreciado que Dios puso en mi vida... mi amado Christopher, quienes motivan mis metas (KLFR).

Este trabajo está dedicado a mis padres, por su apoyo ilimitado, a mi querido esposo, Paco, por su apoyo constante, y a mis queridos hijos Daniel Alejandro y Luis Antonio, por ser la fuente de mi esfuerzo y por entenderme (ECH).

Dedico esta tesis a Dios, por brindarme fortaleza y salud, de la misma manera a mis padres y hermanos, por sus consejos, por la motivación, por el apoyo que siempre me brindaron día a día para lograr mis metas, por ayudarme a crecer como persona y profesionalmente (WFS).

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I:	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1.Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1.Planteamiento del problema	14
1.1.2.Formulación del problema.....	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.3.1.Justificación teórica.....	18
1.3.2.Justificación metodológica	18
1.3.3.Justificación práctica	18
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	19
1.4.1.Hipótesis general.....	19
1.4.2.Hipótesis específica.....	19
1.4.3.Operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II:.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes del problema.....	22
2.1.1.Artículos científicos	22
2.1.2.Tesis	23
2.2 . Bases teóricas	26
2.2.1.Marco legal	26
2.2.2.Compost	28
2.2.3.Compostaje	28
2.2.4.Compostaje mejorado.....	29
2.2.5.Compostaje base.....	29
2.2.6.Factores implicados en el proceso de compostaje	29
2.2.7.Fases del proceso de compostaje	33
2.2.8.Sistemas y técnicas de compostaje	35

2.2.9. Calidad de compost obtenido	35
2.2.10. Residuos orgánicos.....	36
2.2.11. Residuos orgánicos compostables	37
2.2.12. Microorganismos eficientes (EM)	38
2.2.13. Economía circular	41
2.2.14. Principios de la economía circular.....	42
2.3. Definición de términos básicos.....	42
2.3.1. Modelo de economía lineal	42
2.3.2. Valorización	43
2.3.3. Valorización material	43
2.3.4. Humus	43
2.3.5. Mezcla/Volteo	43
2.3.6. Compostera	43
2.3.7. Pila	43
2.3.8. Residuos.....	43
2.3.9. Residuo orgánico domiciliario	43
2.3.10. Proceso anaerobio	44
2.3.11. Proceso aerobio	44
2.3.12. Estiércol	44
2.3.13. Microorganismos.....	44
CAPÍTULO III:	45
METODOLOGÍA	45
3.1. Método y alcance de la investigación	45
3.1.1. Método de la investigación.....	45
3.1.2. Tipo de investigación	48
3.1.3. Nivel de investigación	48
3.1.4. Alcance de la investigación	49
3.1.5. Diseño de la investigación.....	49
3.2. Procedimiento de la investigación	50
3.2.1. Ubicación política del lugar experimental	50
3.2.2. Ubicación geográfica del lugar experimental	50
3.2.3. Selección de los residuos a compostar.....	51
3.2.4. Recolección y traslado de materia orgánica.....	51
3.2.5. Materiales a experimentar	51

3.2.6. Desarrollo del sistema de compostaje.....	51
3.2.7. Delimitación de las unidades experimentales	52
3.2.8. Picado de residuos de cosecha.....	54
3.2.9. Pesaje de los materiales para la conformación de las pilas de compostaje.....	54
3.2.10. Conformación de la pila de compostaje.....	55
3.2.11. Procedimiento para la instalación de las pilas	55
3.2.12 Activación de microorganismos	56
3.2.13. Inoculación de microorganismos	57
3.2.14. Volteo de compost.....	58
3.2.15. Regulación de la humedad.....	58
3.2.16. Monitoreo del compostaje	59
3.2.17. Tamizado y pesado del compost.....	59
3.2.18 .Análisis de las características físico – químico del producto final obtenido (compost), de seis muestras, para su comparación.	60
3.3 Población y muestra	62
3.3.1. Población.....	62
3.3.2. Muestra	62
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.4.1. Técnica.....	62
3.4.2. Instrumento	62
3.5 Técnicas de análisis y procesamiento de datos	62
CAPÍTULO IV:	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información	63
4.1.1. Calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos	63
4.1.2. Propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos	68
4.1.3. Tiempo de obtención del compost, para los tratamientos	72
4.2 Discusión de resultados	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Fases del proceso de compostaje.	34
<i>Figura 2.</i> Activación de los microorganismos eficaces.	41
<i>Figura 3.</i> Ubicación de la zona experimental.	50
<i>Figura 4.</i> Croquis del área experimental	53
<i>Figura 5.</i> Distribución y rotulado de pilas de compost	54
<i>Figura 6.</i> Tamizado y rotulado de las muestras de compost	60
<i>Figura 7.</i> Diagrama del flujo del proceso experimental	61
<i>Figura 8.</i> Comportamiento de la temperatura promedio durante el proceso de compostaje	65
<i>Figura 9.</i> Variación de pH en el proceso de compostaje	65
<i>Figura 10.</i> Variación de la humedad durante el proceso de compostaje.	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	21
Tabla 2. Parámetros de calidad de compost establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC-5167.....	27
Tabla 3. Parámetros de calidad de compost establecidos según NOCh 2880.....	27
Tabla 4. Parámetros de calidad de compost establecidos según la OMS.....	28
Tabla 5. Parámetros de temperatura óptima.....	30
Tabla 6. Control de la aireación.....	31
Tabla 7. Parámetro óptimo de humedad.....	31
Tabla 8. Parámetros óptimos de pH.....	32
Tabla 9. Parámetros óptimos de relación C/N.....	33
Tabla 10. Tamaño de partícula para comenzar el compostaje.....	33
Tabla 11. Sistemas de compostaje y su clasificación.....	35
Tabla 12. Residuos orgánicos compostables.....	38
Tabla 13. Parámetros y métodos de análisis del compost, al final del experimento.....	46
Tabla 14. Tratamiento en estudio.....	49
Tabla 15. Descripción de las pilas de compostaje en estudio.....	49
Tabla 16. Coordenadas UTM del lugar experimental.....	50
Tabla 17. Características de los materiales iniciales.....	51
Tabla 18. Relación C/N de las pilas de compostaje.....	52
Tabla 19. Volumen del compostaje inicial.....	52
Tabla 20. Características de una pila o Unidad Experimental (UE).....	53
Tabla 21. Cantidad de residuo orgánico utilizado y su procedencia – Compostaje mejorado (P).....	54
Tabla 22. Cantidad de residuo orgánico utilizado y su procedencia – Compostaje Base (PB).....	55
Tabla 23. Descripción de las pilas de compostaje en estudio.....	55
Tabla 24. Preparación y activación de microorganismos eficientes.....	56
Tabla 25. Cantidad de EM compost - activado (EMA) utilizado por pila de compostaje.....	57
Tabla 26. Cantidad de EM compost (EM)–producto comercial y EMA utilizado por pila.....	57
Tabla 27. Frecuencia de volteo de las pilas de compostaje en estudio.....	58
Tabla 28. Especificaciones técnicas de medidor digital de suelo 4 en 1.....	59
Tabla 29. Resultados del análisis de calidad del compost para los tratamientos.....	69

Tabla 30. Pruebas de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.....	69
Tabla 31. Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.....	70
Tabla 32. Pruebas de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.....	71
Tabla 33. Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.	72
Tabla 34. Resultados del tiempo de producción de compost en los dos tratamientos.....	72
Tabla 35. Prueba de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.....	73
Tabla 36. Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021....	73
Tabla 37. Resultados del análisis de calidad del compost.....	74

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como finalidad determinar la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo - Ayacucho. Adicionalmente se propuso determinar las propiedades fisicoquímicas y el tiempo de producción del compost. La investigación ha sido de tipo aplicada, con método hipotético – deductivo, de nivel explicativo y diseño experimental. Se contó con dos tratamientos: tratamiento compost mejorado (P), en el que se utilizó 360 kg estiércol de vacuno + 20 kg paja de avena + 120 kg residuos de cosecha + 450 ml EM; y para el tratamiento compost base (PB), se empleó 450 kg estiércol de vacuno + 15 kg paja de avena + 35 kg residuos de cosecha y sin aplicación de EM; cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Para el análisis de los resultados, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Will y para la contrastación de la hipótesis se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann–Whitney, a través del software estadístico SPSS. Los resultados del análisis de laboratorio para el compost mejorado indica: Humedad (45.87%), pH (9.21), C.E (1.72 dS/cm), M.O (56.17%), N-total (2.50%), P₂O₅ (2.52%), K₂O (0.52%), CaO (3.57%), MgO (1.74%), C/N (19.03) y un tiempo de 94 días; por su parte el compost base indica: Humedad (45.30%), pH (8.99), C.E (2.39 dS/cm), M.O (54.73%), N-total (2.14%), P₂O₅ (1.48%), K₂O (0.43%), CaO (2.92%), MgO (2.13%), C/N (18.77) y un tiempo de 120 días. Se concluye que las propiedades fisicoquímicas del compost mejorado, están dentro de los estándares de calidad de compost, reportados por la FAO, NTC 5167, NOCh 2880 y la aplicación de EM-Compost permitió obtener un producto mucho más degradado y en menor tiempo.

PALABRAS CLAVES: *Compost mejorado, Compost base, Residuos orgánicos, microorganismos eficientes (EM).*

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the influence of improved composting on the quality of the compost obtained from organic waste at the Montefino Farm, Llachocmayo - Ayacucho. Additionally, it was proposed to determine the physicochemical properties and the production time of the compost. The research has been of an applied type, with a hypothetical-deductive method, with an explanatory level and an experimental design. There were two treatments: improved compost treatment (P), in which 360 kg of cattle manure + 20 kg of oat straw + 120 kg of crop residues + 450 ml EM were used; and for the base compost (PB) treatment, 450 kg of cattle manure + 15 kg of oat straw + 35 kg of crop residues were used and without the application of EM; each treatment had three repetitions. For the analysis of the results, the Shapiro-Will normality test was used and for the contracting of the hypothesis, the non-parametric Mann-Whitney U test was used, through the SPSS statistical software. The results of the laboratory analysis for the improved compost indicate: Moisture (45.87%), pH (9.21), C.E (1.72 dS/cm), M.O (56.17%), N-total (2.50%), P₂O₅ (2.52%), K₂O (0.52%), CaO (3.57%), MgO (1.74%), C/N (19.03) and a time of 94 days; For its part, the base compost indicates: Humidity (45.30%), pH (8.99), C.E (2.39 dS/cm), M.O (54.73%), N-total (2.14%), P₂O₅ (1.48%), K₂O (0.43 %), CaO (2.92%), MgO (2.13%), C/N (18.77) and a time of 120 days. Concluding that the physicochemical properties of the improved compost are within the compost quality standards reported by the FAO, NTC 5167, NOCh 2880 and the application of EM-Compost allowed obtaining a much more degraded product and in less time.

KEY WORDS: *Improved Compost, Base Compost, Organic Residues, Efficient Microorganisms (EM).*

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se registra un manejo inadecuado de los residuos orgánicos, convirtiéndose frecuentemente en agentes contaminantes vinculados a la mínima noción de reutilización, estadísticamente estos residuos biodegradables superan el 50% de generación; datos que nos señalan su necesario reaprovechamiento denotando una oportunidad notable de valorización. En específico el componente orgánico generado en las granjas de ganado vacuno proyecta impactos a mayor escala por su dinámica acumulativa, pudiéndose convertir en un “problema” para su entorno, sin embargo, su proceso de reaprovechamiento podría ser eficazmente integrado al enriquecimiento de los suelos y por ende mejoras en la agricultura, ya que su reacción con la biodegradación generará la producción de fertilizantes orgánicos como el compost y el bocashi, los cuales permiten restaurar los nutrientes de los suelos de cultivo, debido a su elevado contenido de nitrógeno y materia orgánica.

Para la disposición final de los residuos sólidos; la Ley de Gestión Integral de Residuos sólidos (D.L. 1278), propone que previamente deberán ser tratados y proceder con su posterior valorización, haciendo mención a la producción de compost como una forma de aminorar las emisiones de gases de efecto invernadero. Siendo una manera de impulsar la reutilización y su aplicación a una economía circular, creando conciencia en la colectividad sobre el contenido beneficioso que ocasiona en el medio ambiente, proyectándose a una gestión sustentable de los residuos. De modo que, el abono orgánico se convierte en una alternativa oportuna para el desarrollo de una agricultura sustentable, demostrado efectividad en el rendimiento y la mejora de calidad de los productos.

El trabajo de investigación aborda el aprovechamiento de proporciones significativas de residuos orgánicos generados en la Granja Montefino, mediante una segregación adecuada y posterior reutilización en la elaboración de abonos orgánicos como el compost. El desarrollo de la presente tesis muestra los resultados de la evaluación de la influencia del compostaje mejorado en el comportamiento de las variables fisicoquímicas del proceso de compostaje de los residuos orgánicos (temperatura, pH y humedad), asimismo, en las variables de la calidad del producto final, compost; con el propósito de contribuir en el mejoramiento de las técnicas de compostaje en la Granja Montefino.

El desarrollo de la investigación procedió de acuerdo a los objetivos planteados para determinar la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido, y en específico cómo las

propiedades fisicoquímicas y el tiempo de producción influyen en ello. Cabe recalcar que la presente tesis consta de cuatro capítulos que serán especificados a continuación.

Capítulo I: conserva datos relacionados al planteamiento del problema, los objetivos, la justificación teórica, metodológica y práctica, la hipótesis y la operacionalización de las variables.

Capítulo II: se hace mención del marco teórico, los antecedentes del problema detallando diferentes trabajos de tesis y artículos de revistas que contienen información conveniente para el desarrollo de la tesis. Del mismo modo, se registran las bases teóricas como el marco legal de acuerdo a la normativa ambiental nacional vigente; teniendo, la Constitución Política del Perú, los decretos legislativos y supremos, y finalmente las normas de calidad de abono orgánico. Además, se señala las definiciones y términos utilizados propios para el entendimiento del tema en investigación.

Capítulo III: conformado por lineamientos metodológicos respecto al tipo, nivel, alcance y diseño de investigación. Se especifica también la ubicación del lugar experimental y todo lo concerniente para la elaboración del compost desde la selección, recolección de materia orgánica, los materiales a experimentar, el sistema empleado, la conformación de pilas, su instalación, dosis e inoculación de microorganismos, los volteos, el monitoreo de parámetros en el compostaje, el tamizado y el análisis de características fisicoquímicas del producto obtenido. Finalmente, el Capítulo IV: donde se analiza los resultados de los tratamientos, en función a los objetivos generales y específicos planteados, influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos, influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas y la influencia del compostaje mejorado en el tiempo de producción; señalando la prueba de hipótesis y normalidad; dando lugar a la respectiva interpretación y la discusión de los resultados.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En el contexto ambiental la problemática que acontece al mundo es la contaminación y la generación de residuos sólidos, marcando datos estadísticos alarmantes que según el Banco Mundial actualmente superaría los 2.010 millones de toneladas por año, proyectándose al año 2046 a 3.400 millones de toneladas por año, en ese conjunto podemos registrar que el 50% de residuos son orgánicos prestos a su reaprovechamiento.

Los países de ingreso mediano alto y los de ingreso alto proveen servicios casi universales de recolección de residuos, y más de la tercera parte de los desechos de los países de ingreso alto se recuperan a través del reciclado y el compostaje. En los países de ingreso bajo se recoge alrededor del 48 % de los desechos en las ciudades, pero sólo el 26 %, en las zonas rurales, y se recicla tan sólo el 4 % a nivel nacional. En general, el 13,5 % de los desechos a nivel mundial se recicla y el 5,5 % se composta (1).

De acuerdo con lo citado claramente se reaprovecha el 19% de los elementos desechados, cuya disposición se torna acumulativa y contaminante, siendo necesaria la participación del conjunto de programas que proyecten técnicas que favorezcan el aprovechamiento del mayor componente de

residuos orgánicos, además de permitirse identificar puntos críticos o deficientes que ligados a una dinámica de buen manejo contribuya de manera productiva.

Del mismo modo, con resultados no muy ajenos a los expuestos en el entorno mundial según lo señalado por la ONU (2); en América Latina la cantidad de residuos sólidos generados ascienden a 200 millones de toneladas por año, y 100 toneladas corresponden a residuos orgánicos proyectándose un aumento exponencial de 60% para el año 2025.

Particularmente en el Perú los registros estadísticos de generación de residuos sólidos para el año 2014 enmarcan un total de 7,497 482 toneladas por año, teniéndose un promedio nacional de generación de 13,244 t/día. [...Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2014 es importante resaltar que el 53,16% de los residuos sólidos son materia orgánica, el 18,64% son residuos no reaprovechables, el 18,64% pertenece a residuos reaprovechables y finalmente el 6,83% es compuesto por residuos reciclables] (3), estos datos se mantienen según lo manifestado en la agenda nacional de acción ambiental donde los grupos de componentes para los años 2016 y 2017, detallan que la cantidad de residuos sólidos municipales generados están compuestos en su mayoría por materia orgánica (más del 50%), seguida del grupo de residuos orgánicos reciclables con porcentajes de 18.7% y 19.77% respectivamente (4).

Por otro lado, el Ministerio del Ambiente con una visión en el futuro económico otorga los resultados obtenidos para el año 2020, respecto a la valorización de 92,822.84 toneladas de residuos sólidos dentro de ellos 68,399.63 toneladas fueron residuos orgánicos municipales, siendo estas cifras las que constituirían un avance hacia la implementación de la economía circular en el Perú (5). Está claro que la disposición de residuos ayudará a resarcir el deterioro del ambiente, cuyas estrategias insertan a los aparatos gubernamentales del Estado a través de la implementación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos, convirtiéndose en un ente promotor del mejoramiento de las condiciones ambientales, y con ello a su vez en paralelo poder adquirir una valorización. Pero adversamente, los resultados detallados por el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL), manifiestan que 231 municipalidades distritales cuentan con Plan de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) y 115 municipalidades provinciales con planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos (6), señalando un panorama aún incongruente en la gestión de los residuos.

A nivel departamental en Ayacucho los residuos generados en el año 2019 responden a 87, 442.3 t/año (7), esta generación se incrementa en los registros del año 2020 con 125 mil toneladas por

año (8). Asimismo, con recurrencia se representa el registro correspondiente al 50% de residuos orgánicos que pudieran ser reaprovechados en procesos de compostaje, lombricultura, etc. es decir abonos naturales que beneficien nuestros suelos y establezcan cultivos más productivos.

Se puede hablar del aprovechamiento de los residuos orgánicos biodegradables por medio del compostaje por el promedio porcentual que supera el 50% de su generación, los cuales podrían cumplir un rol fundamental en el proceso de reaprovechamiento significativo estableciendo una disminución en su participación como contaminante enfocando la recuperación de sus nutrientes para la reactivación de los suelos. “La recuperación del 100% del nitrógeno, el fósforo y el potasio en los flujos globales de residuos alimentarios, animales y humanos podría contribuir con casi 2.7 veces los nutrientes contenidos en el volumen de fertilizante químico utilizado actualmente” (9).

El compost viene siendo incluido en los municipios como parte del proyecto *Perú Limpio*, cuya estrategia de reaprovechamiento pretende un objetivo económico valorizable.

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (10).

Asimismo, para la implementación y producción en serie del compost, es habitual el uso de los microorganismos ya que demostraron ser organismos benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica inician con el proceso de degradación produciendo sustancias útiles; donde se podrán registrar tipos de microorganismos como; los hongos, bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (11)

Con fines de disminuir los tiempos de compostaje y mejorar la calidad del producto obtenido, se realizaron diversas investigaciones, para determinar un conjunto de microorganismos con los cuales se pudiera acelerar el proceso, obteniendo resultados satisfactorios; así, un investigador japonés, el Doctor Teruo Higa, tras estudiar las funciones individuales de los diferentes microorganismos, encontró un grupo que,

trabajando en simbiosis, potencializa el proceso de degradación. A este grupo los llamó EM (microorganismos eficientes) (12).

En este contexto se señala que la investigación se realizó en la Granja Montefino, ubicado en la comunidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara - Ayacucho, esta empresa Ayacuchana dedicada a la producción agropecuaria y prestación de servicios de agroturismo; desarrolla distintas actividades tales como: la siembra de hortalizas, fresas y rosas; así como, la crianza de animales (vacunos, cuyes y porcino); actividades que implican la generación de residuos orgánicos en cantidades considerables. El desarrollo de la investigación propone incrementar el enfoque del manejo de residuos orgánicos provistos en la granja, proyectando su mejoramiento en tiempo y calidad, puesto que está actualmente cuenta con un área de compostaje y lombricultura, ambas de tratamiento tradicional, cuyos tiempos de obtención de resultados son a largo plazo y de calidad relativa. Es de gran importancia la reutilización de los residuos orgánicos para reducir el impacto ambiental; así también, es un compromiso con el desarrollo sostenible y la economía circular, para la lucha contra el cambio climático y la conservación de la biodiversidad.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye el compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021?
- b) ¿Cómo influye el compostaje mejorado en el tiempo de producción de compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.
- b) Determinar la influencia del compostaje mejorado en el tiempo de producción del compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

Según la evaluación ambiental en la Granja Montefino se registró la generación de residuos orgánicos aprovechables en considerada dimensión, cuya problemática es proporcional a los grados de manejo en su disposición final; de manera que es necesario integrar una adecuada gestión de los residuos orgánicos, a partir de la planificación de aprovechamiento óptimo de los residuos orgánicos y la proyección a una maximización de su utilidad. Cabe mencionar que se tiene implementado el proceso de reaprovechamiento lo que ocasionó el desarrollo del compost y la lombricultura con una práctica tradicional, donde la proporcionalidad generada de los residuos no contempla un giro continuo en el proceso de reaprovechamiento siendo suspendido hasta culminar con la maduración de las pilas dispuestas.

1.3.2. Justificación metodológica

El desarrollo del presente trabajo de investigación es relevante, porque inserta entre los resultados del reaprovechamiento de la calidad y cantidad del compost, en cuanto a esta última referido al tiempo de la obtención del objetivo, de manera que el producto final será beneficioso para los suelos o áreas requeridas en la granja. Beneficios especificados por Daniela Acuña como el mejoramiento del suelo y que este mediante la integración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas mejoran la salud y estructura de este, favoreciendo el drenaje, retención de los nutrientes y humedad, estabilizando su pH, reduciendo la erosión, además de aumentar la fijación de carbono en el suelo (13). De modo que ello permitirá proponer la obtención de un compost mejorado tras una aplicación técnica acorde al material recuperado y así otorgarles una utilidad adicional a los desechos.

1.3.3. Justificación práctica

Se considera que la aplicación y desarrollo del trabajo en mención es importante porque está relacionado a la mejora del tratamiento de los residuos orgánicos tradicionalmente tratados en la Granja Montefino, ello tras la inclusión de microorganismos eficientes cuyo propósito es alcanzar

la aceleración de la descomposición natural de los residuos orgánicos; incrementando la calidad nutricional y biológica de los abonos orgánicos, además de eliminar a los microorganismos patógenos y reducir los malos olores del proceso de putrefacción (14).

El compost elaborado en la investigación tiene por finalidad mejorar el tratamiento de los residuos orgánicos en tiempo y valor nutricional de modo que influya en la productividad agrícola, garantizando los propósitos de obtener un abono orgánico que beneficie en la fertilización y optimización de la agricultura.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

Hipótesis alternativa

H_a: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Hipótesis nula

H₀: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos no es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

1.4.2. Hipótesis específica

H_{a1}: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

H₀₁: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

H_{a2}: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

H₀₂: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

1.4.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumento
VI: Compostaje mejorado	Proceso biológico, que ocurre bajo condiciones aeróbicas, y con una adecuada humedad y temperatura se asegura una transformación de los residuos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.	Proceso de instalación de pilas de compostaje de una mezcla de 500 kg de residuos orgánicos con una dosis de 9 litros de EMA, y monitoreo recurrente de los parámetros físico-químicos durante todo el proceso de compostaje.	Proceso de compostaje	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de volteos • Temperatura • Humedad • pH 	°C %	Registro de control y evaluación
			Tiempo de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Número de Días • Días a la cosecha 	Días	
			Tipos de residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de 500 kg (por pila) 	Kg	
			Dosis de microorganismos eficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Litros (9 litros por pila) 	Litros	
VD: Calidad del compost obtenido	La calidad del compost viene establecida por la adición de las distintas propiedades y características físicas, químicas y biológicas (15).	La variable calidad del compost para esta investigación se determinó mediante el análisis de laboratorio de los parámetros físico-químicos del compost mejorado y compost base, realizado después de la cosecha.	Parámetro físico y químicos del compost	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Humedad ▪ Conductividad eléctrica ▪ Materia orgánica ▪ pH ▪ Nitrógeno (%) ▪ Fosforo (%) ▪ Potasio (%) ▪ Calcio (%) ▪ magnesio (%) 	% dS/m % pH % % % %	Hoja de análisis de laboratorio

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1. Artículos científicos

-En el artículo científico denominado “Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos”; plantearon como propósito evaluar la calidad del compost obtenido a partir de estiércol de gallina al inocularlo con microorganismos autóctonos benéficos. Se extrajo el consorcio microbiano benéfico (CMB1) de col (*Brassica oleracea*) y CMB2 de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), los cuales se inocularon una vez por semana al 5% de concentración en pilas de compostaje en bloques distribuidas al azar con tres repeticiones, donde se establecieron 3 tratamientos T1 (CMB1), T2 (CMB2) y T3 (testigo). Finalmente, concluye que los consorcios microbianos benéficos eliminan los malos olores durante el proceso de compostaje, en la misma medida aceleran la descomposición de la materia orgánica la cual se manifiesta en el mayor contenido de ácidos húmicos en el compost final en comparación con el tratamiento T1 = (3-4%), T2 = (3%), (T3) = 1%. El compost obtenido mediante la inoculación de CMB1 y CMB2 se identificó mayor actividad biológica: T1 = 3 ug/ml, T2 = 4 ug/ml, T3 = 1 ug/ml, asimismo se identificaron microorganismos benéficos en mayor concentración (log UFC.g-1) así como mayor contenido de nutrientes con respecto al tratamiento testigo, por consiguiente, de calidad superior (16).

En el artículo científico titulado “Quality evaluation of Chemically-enriched Compost, Vermicompost and conventional Compost”, el objetivo fue evaluar las composiciones químicas de diferentes compostas preparadas por los métodos de fosa y pilas, siendo comparadas con composta convencional. Estos compost fueron producidos usando enmiendas químicas en el caso de compost enriquecidos químicamente, mientras que el vermicompost fue preparado inoculando las lombrices de tierra epigea *Eisenia foetida* con y sin roca fosfatada. El contenido

de materia mineral, cenizas y humedad fueron mayores en todos los compost enriquecidos y vermicompost en comparación con el compost convencional, mientras que el carbono orgánico total, el carbono soluble en agua y C: N fueron mayores en el compost convencional. El período de tiempo de descomposición fue casi similar (120 ± 5) entre las compostas enriquecidas, mientras que, en el caso de la composta convencional, el período de descomposición fue (160 ± 10). La calidad bioquímica indicó que la composta convencional tenía menor cantidad de fenol total, actividad enzimática de fosfatasa alcalina y ácida pero mayor actividad deshidrogenasa que las compostas enriquecidas. La mayor actividad deshidrogenasa en el compost convencional es un indicador de descomposición parcial del compost. La vermicomposta resultó mejor que la composta convencional; podría mejorarse aún más mediante el enriquecimiento con fosfato de roca. (17)

2.1.2. Tesis

En el trabajo de tesis titulado “Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín”; tuvo como objetivo cotejar la calidad del compost generado del proceso efectuado por microorganismos eficientes comerciales y naturales; se contó con una muestra de nueve unidades experimentales constituidas por pilas de compost de 0.9 m³ correspondientes a tres tratamiento con tres repeticiones; tratamiento testigo (T0) empleando únicamente residuos orgánicos; tratamiento MEN (T1) empleando residuos orgánicos y microorganismos eficientes naturales (MEN); tratamiento MEC (T2) empleando residuos orgánicos y microorganismos eficientes comerciales (MEC); se obtuvo como resultados: el tratamiento (T1) muestra 0.4057 % de nitrógeno total, 13.234 % de relación C/N, 0.0325 % de fósforo (P₂O₅), 0.4213 % de potasio (K₂O) y 31 días de maduración del compost; igualmente, el tratamiento (T2) muestra 0.3260 % de nitrógeno total, 14.637 % de relación C/N, 0.0382 % de fósforo (P₂O₅), 0.4337 % de potasio (K₂O) y 28 días de maduración del compost. Concluye que el compost de calidad superior fue la que se generó empleando microorganismos eficientes comerciales (MEC) (18).

En el trabajo de tesis titulado “Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces”; tuvo como finalidad determinar el periodo de degradación y la granulometría del compostaje de residuos orgánicos; determinar la temperatura y pH del procedimiento de compostaje de residuos orgánicos; y evaluar la calidad del compost de residuos orgánicos, suministrando microorganismos eficaces. Se contó con una muestra constituida 3 tratamientos: tratamiento (T1) se utilizó residuos orgánicos domésticos al 100% y 200ml de EM; tratamiento (T2) se usó residuos orgánicos domésticos al 50%, estiércol de ovino al 50% y 200ml de EM; y en el tratamiento (T3) se combinó residuos orgánicos domésticos al 40%, estiércol de ovino al 30%, tallos de cañihua al 30% y 200ml de

EM, cada uno con tres repeticiones y empleando residuos orgánicos domésticos, restos agrícolas y estiércol de ovino generados en la ciudad de Puno. Los resultados indican que el periodo de descomposición del (T1) fue de 61 días, (T2) fue de 52 días y el (T3) se obtuvo en 75 días y la temperatura promedio en (T1) fue de 25.58°C y pH a 7.05, (T2) fue de 27.63°C y pH 7.7 y el (T3) de 25.78°C y pH 7.6. Concluye que los sustratos utilizados en la elaboración de distintos compost influyen en el tiempo de descomposición, granulometría, temperatura, pH y los EM aportaron en la calidad del compost (19).

En el trabajo de tesis titulado “Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019”, tuvo como finalidad evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la incorporación de tres dosis de EM al 5%, realizado en el distrito de Huayucachi. Se contó con una muestra constituida por 4 tratamientos haciendo un íntegro de 12 unidades experimentales llamados composteras, cada una con 24 Kg en cada pila haciendo un total de 288 Kg de residuos orgánicos procedentes de la combinación de residuos orgánicos (residuos de mercado, restos de cosecha), estiércol (vaca y oveja); donde los resultados posibilitaron determinar que los parámetros de humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio magnesio, cobre, relación C/N, cromo y plomo, se hallan dentro de los estándares de calidad de compost, de acuerdo con la Norma Técnica Chilena, FAO, IIA-Iquitos y EPA Australia. Además, menciona que los metales como cadmio y zinc exceden los estándares de calidad del EPA-Australia y la Norma Técnica Chilena, debido a sus contenidos superiores a 1 ppm. La aplicación de EM al proceso de compostaje incrementó el contenido de humedad, conductividad eléctrica, calcio, cobre, zinc, relación C/N, cadmio y cromo en el compost obtenido, respecto al compost sin aplicación de EM (20).

Otro antecedente que se revisó fue el trabajo de tesis denominado “Evaluación de la calidad de compost a base de residuos orgánicos provenientes de la poda de áreas verdes y mercados del distrito de San Borja”, tuvo como objetivo describir los parámetros fisicoquímicos del compost desarrollado a base de residuos vegetales procedentes de las áreas verdes, y residuos orgánicos generados en los mercados del distrito de San Borja. La muestra estuvo conformada por una pila de compost a base de residuos orgánicos de áreas verdes de 2 capas y otra pila de compost a base de residuos orgánicos procedente del centro de abasto de 3 capas. Concluye, que las características fisicoquímicas del compost preparado con residuos orgánicos procedente de los centros de abastos, presentan una mayor calidad en comparación al compost preparado con residuos sólidos orgánicos de áreas verdes, según el análisis realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Sin dejar de lado que los parámetros fisicoquímicos

del compost preparado con residuos orgánicos provenientes de los centros de abastos se encuentran dentro de los valores permitidos por las normativas vigentes con respecto a la calidad del compost (21).

En el trabajo de tesis titulado “Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, Tomayquichua, Ambo, Huánuco, diciembre 2018 – marzo 2019”; tuvo como objetivo demostrar la eficiencia de los EM en la preparación de compost utilizando residuos orgánicos de cocina y estiércol de vacuno en la Granja Ecológica Lindero; empleando tres tratamientos con una muestra de 2450kg para cada tratamiento: para el tratamiento (T1) se usó estiércol de vacuno + residuos orgánicos de cocina + Microorganismos Orgánicos (EM), para el tratamiento (T2) se empleó estiércol de vacuno + residuos orgánicos de cocina + Lactobacillus Lactis y para el tratamiento testigo (T3) se utilizó estiércol de vacuno + residuos orgánicos de cocina; obteniéndose como resultado en el análisis de laboratorio, para el compost más la incorporación de microorganismos eficientes indica un pH de 8,3 humedad 5.80 % y análisis proximal de húmeda (MO 18,32% y cenizas 22,78 %) y en materia seca (MO 44,58% y cenizas 55,42 %); por su parte el compost más incorporación de Lactobacillus Lactis indica un pH de 8,34 humedad 62.70% y análisis proximal de húmeda (MO 13,29% y cenizas 24,01 %) y en materia seca (MO 35,64% y cenizas 64,36 %) y el compost testigo indica un pH de 8,49 humedad 49.20% y análisis proximal de húmeda (MO 17,00% y cenizas 33,80 %) y en materia seca (MO 38,47% y cenizas 66,53 %), donde se demostró que la incorporación de EM y el lactobacilos lactis son eficientes en la elaboración de compost utilizando residuos orgánicos de cocina y estiércol de vacuno (22).

En el trabajo de tesis titulado “Efecto de los microorganismos eficaces en la descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Gálvez”; tuvo como finalidad determinar la celeridad en la degradación de desechos sólidos orgánicos municipales con la adición del estiércol de ganado vacuno y la aplicación de microorganismos eficaces en el proceso de compostación en la planta de tratamiento de residuos sólidos. Se contó con dieciséis unidades experimentales en pilas de compostaje constituyendo cuatro tratamientos denominados: tratamiento testigo (T1) empleando residuos orgánicos domiciliarios 70 % + estiércol de ganado 30 %, tratamiento (T2) empleando residuos orgánicos domiciliarios 70 % + estiércol de ganado 30 % + 100 ml de EM x 10L de agua, tratamiento (T3) empleando residuos orgánicos domiciliarios 70 % + estiércol de ganado 30 % + 150 ml de EM x 10L de agua y tratamiento (T4) empleando residuos orgánicos domiciliarios 70% + estiércol de ganado 30% + 200 ml de EM x 10L de agua, cada uno con tres repeticiones, y los residuos orgánicos se distribuyó al azar a cada una de las unidades experimentales; concluye que la aplicación de microorganismos eficaces permite un tiempo de cosecha de 80 días para: T2, 70 días para T3,

60 días para T4, en cambio, en relación al testigo T1 experimentó más tiempo de cosecha de 135 días (23).

2.2 . Bases teóricas

2.2.1. Marco legal

La investigación, vista de acuerdo a la normativa ambiental nacional vigente.

❑ Constitución Política del Perú

La Constitución Política del Perú, es la Ley máxima del Estado Peruano, en su artículo 2- Derechos fundamentales de la persona, en su numeral 22, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (24).

❑ Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

El Decreto Legislativo N° 1278, establece derechos, obligaciones, atributos y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de asegurar una gestión integral de los residuos sólidos en nuestro país, teniendo como finalidad principal la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en su origen, frente a otra alternativa y en segundo lugar se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre otras cosas se encuentra el compostaje como una alternativa (25).

❑ Decreto Supremo N° 016-2012-AG – Reglamento de Manejo de Residuos sólidos del Sector Agrario

En el artículo 24 -Tratamiento de residuos orgánicos, establece que, los residuos orgánicos generados en actividades del sector agrario, deben recibir tratamiento, con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contengan, mejorar la gestión del proceso de valorización (26).

Asimismo, en el artículo 29 – Gestión de los residuos de actividades de crianza de animales mayores, en su numeral 29.1 establece que, los residuos de establecimientos de crianza de animales mayores (bovinos, porcinos, ovinos, camélidos sudamericanos domésticos, caprinos u equinos), el tratamiento de las deyecciones puede darse mediante compostaje, con la finalidad de transformarlo en un producto orgánico estable, con características óptimas para su uso en cultivos agrícolas. (26)

❑ Normas de calidad de abonos orgánicos

En nuestro país al momento no cuenta con Normas Técnicas para determinar la calidad de compost y su categorización; en el año 2021 ha sido aprobado la NTP 201.208 2021 FERTILIANTEs, compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales, que establece los requisitos de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos municipales, provenientes

de mercados, ferias, áreas verdes, domiciliarios, restaurantes y establecimientos de expendio de comidas, el mismo que se utilizará para mantenimiento de las áreas verdes. Cabe resaltar que, esta norma no aplica para el compost producido a partir de residuos provenientes de residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y forestales (27).

Por lo que, para fines de estudio y evaluación, se hace uso de otras Normas Técnicas como la Norma Técnica Colombiana la NTC 5167, del 2004 de calidad de abonos orgánicos de la legislación internacional. Esta NTC -5167- 2004, establece los requisitos de cumplimiento y los ensayos a las que deben ser sometidos los productos orgánicos como abonos y enmiendas (28).

Tabla 2. *Parámetros de calidad de compost establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC -5167*

Parámetro	Expresado como	Calidad del compost NTC 5167
Humedad	Humedad (%)	20-30%
pH	pH	4-9
Materia orgánica	% M. O	Min 15%
Nitrógeno	%N-total	> 1%
Fósforo	%P ₂ O ₅	> 1%
Potasio	%K ₂ O	> 1%
Calcio	%CaO	> 1%
Magnesio	%MgO	> 1%
Conductividad Eléctrica	mS/cm	-
Relación C/N	C/N	-

Nota: Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Tomada de Norma Técnica Colombiana, 2004, p.2. (28)

Del mismo modo, se tomó referencia del Instituto Nacional de Normalización de la República de Chile, Norma Técnica NOCh 2880, aprobada en el año 2004. Esta Norma Oficial Chilena NOCh .2880, establece la clasificación y requisitos de calidad de compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por: agroindustria, agrícola, forestales, ganaderos, pesqueros y de mercados (29).

Tabla 3. *Parámetros de calidad de compost establecidos según NOCh 2880*

Parámetro	Expresado como	Calidad del compost según NOCh 2880.Of2004	
		Clase A	Clase B
Humedad	Humedad (%)	30% - 45 %	-
pH	pH	5 – 8.5	< 5 y > 8.5
Materia orgánica	% M. O	≥ 20 %	≥ 20%

Nitrógeno	%N-total	$\geq 0.5\%$	-
Conductividad Eléctrica	dS/cm	< 3 dS/m	≤ 8 dS/m
Relación C/N	C/N	≤ 25	≤ 30

Clase A: Producto de alto nivel de calidad, no presenta restricción de uso.

Clase B: Producto de nivel intermedio de calidad, presenta algunas restricciones de uso.

Nota: Tomada de Norma Chilena de calidad de compost NCh2880, 2011. (29)

Asimismo, la OMS ha determinado parámetros mínimos fisicoquímicos para establecer la calidad del compost, en la tabla 4, se puede observar a mayor detalle.

Tabla 4. *Parámetros de calidad de compost establecidos según la OMS*

Parámetro	Expresado como	Calidad del compost según OMS
Humedad	Humedad (%)	30-50%
pH	pH	6-9
Materia orgánica	% M. O	25 -50%
Nitrógeno	%N-total	0.4 -3.5%
Fósforo	%P ₂ O ₅	0.3 -1.8%
Potasio	%K ₂ O	0.5-1.8
Calcio	%CaO	-
Magnesio	%MgO	-
Conductividad Eléctrica	mS/cm	-
Relación C/N	C/N	-

Nota: Tomado de Organización Mundial de la Salud, 1999. (30)

2.2.2. Compost

El compost o la composta es el resultado de la descomposición aeróbica (con oxígeno) de materia orgánica y restos de minerales, exento de patógenos y sustancias que puedan provocar daño en el suelo, realizada por los organismos descomponedores (bacterias, hongos, levaduras) y por pequeños animales detritívoros, como lombrices y escarabajos (31).

El compost representa el producto final del proceso de compostaje, posee un aspecto terroso, exento de olores y patógenos; debido al contenido del humus y de millones de microorganismos, así como otras propiedades como su facultad de retener el agua y aporte nutricional, es más conveniente para el suelo que los estiércoles u otros residuos orgánicos (32).

2.2.3. Compostaje

El compostaje consiste en la conversión aerobia de la materia orgánica por parte de distintos tipos de actores microbianos como bacterias y hongos; motivo por el cual es indispensable mencionar los factores físicos, químicos y biológicos, que repercuten sobre su metabolismo,

con la finalidad de apresurar la descomposición de los residuos utilizados para la obtención de un producto estable de excelente calidad biológica y química. Del mismo modo, se deben reducir los riesgos ambientales que se pueden mostrar durante el proceso de elaboración, entre los cuales se destaca la formación de gases y lixiviados, posiblemente dañinos, que contaminan los cuerpos de agua y el ambiente colindante del lugar de producción, y disminuyen la concentración de nutrientes del producto final (33).

El compostaje es el proceso controlado de transformación física, química y microbiológica de la materia orgánica en condiciones aerobias y termófilas, que genera un producto rico en sustancias húmicas, estable, maduro, por lo general de color marrón oscuro, sin olores desagradables, denominado compost. El proceso debe ser letal para organismos patógenos, parásitos y elementos germinativos como esporas y semillas, a efectos de evitar la generación de riesgos sanitarios (27).

2.2.4. Compostaje mejorado

Es el proceso biológico, que ocurre bajo condiciones aeróbicas, y con una adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación de los residuos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (10). El compostaje mejorado, se caracteriza porque establece una frecuencia de volteo estricto o aireación forzada (cada siete días); con la intención de proporcionar oxígeno y controlar adecuadamente la humedad a la pila de compostaje. Asimismo, en cada volteo se fue incorporando Microorganismos eficientes (EM- COMPOST).

2.2.5. Compostaje base

Es el compostaje tradicional que se realiza en la Granja Montefino, los volteos de pilas normalmente lo realizan entre 15 a 20 días, no existe un control estricto de la humedad, no se utiliza Microorganismos eficientes (EM- COMPOST), para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos, y el proceso de compostaje tiene una duración de 4 a 6 meses, tal como lo manifiestan los responsables del área de producción de compost de la granja.

2.2.6. Factores implicados en el proceso de compostaje

Los factores ambientales idóneos para el proceso de compostaje están directamente vinculados con el metabolismo propio de los microorganismos involucrados en las diversas fases o etapas del proceso. De esta forma, factores como temperatura, oxígeno, humedad, pH, tamaño de la partícula y relación C/N (carbono/nitrógeno), establecen la celeridad de las reacciones de oxidación y las características físicas y químicas del compost obtenido (33).

□ Temperatura

La temperatura representa uno de los factores más fundamentales que condicionan las reacciones bioquímicas de las células de los organismos. En tanto que incrementa la

temperatura, los procesos metabólicos se intensifican y la velocidad de la descomposición de la materia orgánica es afectada de forma directa hasta alcanzar un punto crítico, en el cual el proceso disminuye. Esto último se debe, concretamente, a la desnaturalización de las proteínas que entorpecen el metabolismo normal de los microorganismos involucrados.

Tabla 5. *Parámetros de temperatura óptima*

Temperatura (°C)	Causas asociadas	Soluciones
Bajas temperaturas (T° Ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y, por tanto, la temperatura baja. Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verdura, u otros)
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada. Añadir más material a la pila de compostaje
	Déficit de nitrógeno o baja C/N	El material tiene una alta relación C/N y, por lo tanto, los microorganismos no tienen el nitrógeno suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana. Añadir material con alto contenido de nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T° Ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la temperatura del proceso. Volteo y ventilación de la humedad (55-60%). Adición del material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 28. (10)

❑ Oxígeno

Los microorganismos implicados en el proceso del compostaje son en su mayor parte aerobios, por tal motivo es imprescindible la integración de oxígeno por medio de los volteos manuales o mecánicos, o mediante la aplicación de aire forzado dentro de las pilas. Al disminuir la disponibilidad de oxígeno, se limita el crecimiento de los microorganismos aerobios, la velocidad de conversión de los materiales se ve considerablemente reducida y la generación de malos olores aumenta debido a que en esta condición se multiplican los microorganismos anaerobios.

Es necesario tener en cuenta la aireación en la pila, dado de que un exceso de aireación podría provocar el descenso de la temperatura y la pérdida de humedad por evaporación, provocando que el proceso de descomposición se detenga por falta de humedad.

Tabla 6. Control de la aireación

Porcentaje aireación		Causas asociadas	Soluciones
Menor a 5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación del agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación
5 -15 % Rango Ideal			
Mayor a 5%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 26. (10)

☐ Humedad

El protoplasma de las células microbianas y los residuos empleados en el proceso de compostaje (restos de vegetales y animales) están constituidos por notables contenidos de agua. De esta forma, el contenido de humedad al comienzo del proceso debe estar en torno del 45% al 60%. Esto con la finalidad de incrementar las poblaciones microbianas que se hallan naturalmente en los materiales empleados, que con reacciones enzimáticas los cambian en moléculas orgánicas más estables. El incremento de la humedad por encima del 60% genera condiciones de anaerobiosis, que retrasa la conversión de los restos y aumenta la generación de olores desagradables, a su vez produce lixiviados que disminuyen los nutrientes del compost.

Tabla 7. *Parámetro óptimo de humedad*

Porcentaje de Humedad		Causas asociadas	Soluciones
Menor a 45 %	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines y otros)
45 -60 % Rango Ideal			
Mayor a 60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado, Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como aserrines, paja u hojas secas.

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 27. (10)

□ pH

El pH del compostaje depende de los residuos orgánicos empleados y varía en cada fase del proceso del compostaje desde 4.5 a 8.5. En las primeras fases del proceso, el pH se acidifica por la generación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la transformación del amonio en amoniaco, el pH aumenta y se alcaliniza el medio, para finalmente nivelarse en valores cercanos al neutro.

El pH determina la subsistencia de los microorganismos y cada agrupación tiene pH ideal de incremento y multiplicación. La principal actividad bacteriana ocurre con pH 6.0 a 7.5, sin embargo, la mayor actividad fúngica se genera a pH 5.5 - 8.0. El rango ideal de pH es de 5.8 a 7.2.

Tabla 8. *Parámetros óptimos de pH*

pH	Causas asociadas	Soluciones	
< 4.5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adicionar material rico en nitrógeno, hasta conseguir una adecuada relación C/N.
4.5 – 8.5 Rango Ideal			
> 8.5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N, asociado a la humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido de carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 29. (10)

□ Relación C/N

La relación carbono/nitrógeno varía de acuerdo al material de inicio, y el valor numérico de la relación C/N se obtienen de la división del contenido de C (%C total) sobre el contenido de nitrógeno total (%N total) de los materiales a compostar. La relación C/N también varía a lo largo del proceso de compostaje, reduciéndose continuamente de 35/1 a 15/1.

Tabla 9. *Parámetros óptimos de relación C/N*

C/N	Causas asociadas		Soluciones
> 35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
15:1 – 35:1 Rango Ideal			
< 15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 29. (10)

□ **Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula influye directamente en la actividad microbiana y su capacidad para degradar los diferentes materiales incorporados a la pila de compostaje; por tal motivo se debe tener en cuenta los materiales iniciales del compostaje, deben tener un tamaño ideal al comenzar el compostaje de 5 a 50 cm.

Tabla 10. *Tamaño de partícula para comenzar el compostaje*

C/N	Causas asociadas		Soluciones
> 30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10 -20 cm
5 – 30 Rango Ideal			
< 5 cm	Compactación	Las partículas demasiadas finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volar y/o añadir material de tamaño mayor y volteos par homogenizar.

Nota: Tomado de Román et al., 2013, p. 29. (10)

2.2.7. Fases del proceso de compostaje

De acuerdo a la temperatura generada durante el proceso, se distinguen tres etapas esenciales en un compostaje, adicionando una etapa de maduración de duración variable. Las diversas fases del compostaje se dividen según la temperatura, en (10).

- ❖ **Fase mesófila:** El proceso de compostaje comienza a temperatura ambiente y poco a poco, con el paso de entre unas pocas horas y días, la temperatura de la mezcla va incrementando debido a la actividad de los microorganismos hasta los 45°C, ya que se utilizan las fuentes sencillas de C y N provocando calor. La desintegración de compuestos solubles, como azúcares, genera ácidos orgánicos, por lo cual el pH puede disminuir hasta cerca de 4.0 o 4.5.
- ❖ **Fase termófila o de higienización:** Cuando el material orgánico alcanza temperaturas mayores a 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son sustituidos por aquellos que crecen a temperaturas altas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la descomposición de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Los microorganismos convierten el nitrógeno en amoníaco con temperaturas entre 60-70 °C, asimismo, esta temperatura higieniza el medio, eliminando larvas, patógenos y esterilizando las semillas.
- ❖ **Fase mesófila II o de enfriamiento:** Acabadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura baja nuevamente entre los 40-45°C, continuando la descomposición de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al disminuir la temperatura de 40°C, los organismos mesófilos reanudan su actividad y el pH del medio disminuye levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento necesita de varias semanas y puede equivocarse con la fase de maduración.
- ❖ **Fase de maduración.** Se da cuando la pila alcanza la temperatura ambiente, durante los cuales se generan reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la aparición de ácidos húmicos y fúlvicos. Los organismos que interviene en esta fase son principalmente invertebrados como cochinillas, lombrices, etc., que se hacen cargo de terminar la descomposición y obtener un producto estable: el compost maduro. Este compost tiene textura granular, color oscuro y olor a tierra de bosque.

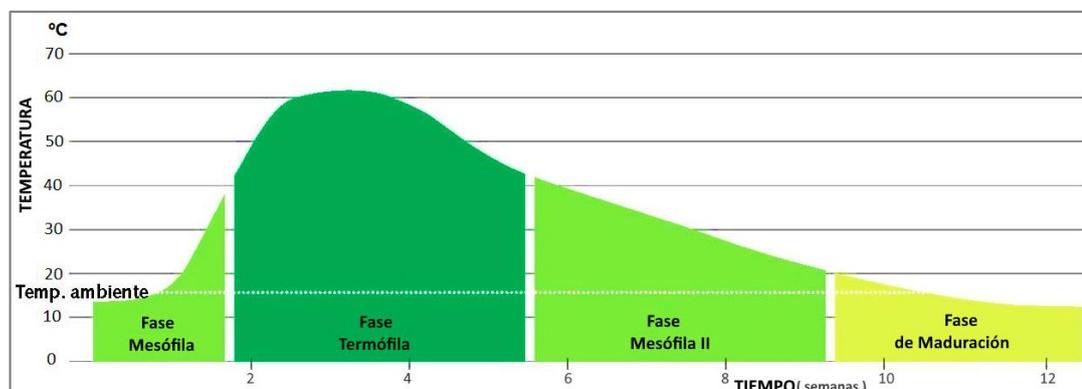


Figura 1. Fases del proceso de compostaje. Adaptada de “Compostaje de subproductos agroindustriales” por Álvarez, 2013. (34)

2.2.8. Sistemas y técnicas de compostaje

Existen numerosos sistemas para llevar a cabo el proceso de compostaje, por ello se pueden establecer dos categorías principales: sistemas abiertos y sistemas cerrados (10).

Tabla 11. *Sistemas de compostaje y su clasificación*

Sistemas de compostaje		Clasificación
<p>Sistemas abiertos</p> <p>Representan los sistemas tradicionales de compostaje, los más empleados y representan un menor costo y tienen una manipulación e instalación más sencilla. Comprende en colocar los residuos orgánicos a compostar en montones, pilas o hileras las cuales pueden estar al aire libre o bajo techo.</p>	Apilamiento estáticas (montones, pilas o hileras)	Compostaje en montones, pilas o hileras estáticas con aireación natural
	Apilamiento con volteo (montones, pilas o hileras)	Compostaje en montones, pilas o hileras estáticas con aireación forzada
		Compostaje en montones, pilas o hileras con volteo
<p>Sistemas cerrados</p> <p>La fase inicial de fermentación se realiza en reactores o digestores que pueden ser horizontales o verticales, y la fase final de maduración se realiza al aire libre o en naves abiertas. Son sistemas concebidos para disminuir notablemente la superficie de compostaje y ejercer un mejor control de los parámetros de fermentación y vigilar los olores de manera más apropiado.</p>		Reactores verticales (Continuos o discontinuos)
		Reactores horizontales (Estáticos o con rotación)

2.2.9. Calidad de compost obtenido

La calidad del compost se puede definir como “la capacidad o aptitud del compost para cubrir las necesidades de las plantas, con el menor impacto ambiental y sin amenaza para la salud pública” (35). Asimismo, se debe considerar la calidad del compost empezando de aquellas características que surgen de adoptar un tratamiento amigable con el medio ambiente, en concordancia con una gestión sensata de los residuos y que tenga como propósito de generar un producto encaminado para su aplicación en el suelo o como substrato.

La calidad final de un compost está influenciada además por el tipo de material que se composta, por el desarrollo del proceso de compostaje, por la procedencia del material, por el tipo de recogida, si se realiza o no alguna selección adicional en planta, y por el tratamiento del residuo (tipo de tecnología, equipamiento, funcionamiento, organización y seguridad en el trabajo) (15). La calidad no solamente se ha de controlar en el producto final, ya que ésta dependerá totalmente de los controles que se realicen tanto en las materias primas, como durante el proceso y en el producto final. Los diferentes materiales que se pueden compostar determinan los tipos de compost que pueden obtenerse. Esta diversidad aumenta la dificultad de establecer sistemas para

valorar la calidad del compost. Los usos que se pueden dar al compost son muchos y las exigencias para cada uso son diferentes. Es importante establecer qué tipo de características interesa más valorar cuando el producto se fabrica con una finalidad determinada (36).

Al formular las características finales ideales para un compost es difícil determinar niveles para el contenido en materia orgánica y nutrientes, ya que dependen mucho de los materiales procesados; por ello en gran parte de normativas o legislaciones, habitualmente, sólo se fijan en los contenidos de metales pesados, siendo poco riguroso en los parámetros agrícolas. La calidad del compost viene establecida por la adición de las distintas propiedades y características. De manera que Soliva y López (15), hacen mención que; (... En todo caso debe referirse a la calidad física: Granulometría, facultad de retención de agua, humedad, visibilidad de partículas extrañas, olor. Calidad química: En la que surgen tres vertientes, contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contenga y presencia de contaminantes inorgánicos u orgánicos. Y calidad biológica: Existencia de semillas de malas hierbas y patógenos primarios y secundarios...).

Para fines de estudio y evaluación, se tomó los estándares internacionales como: Las Normas Técnica Colombiana NTC 5167, del 2004 de calidad de abonos orgánicos, esta norma establece los requisitos de cumplimiento y los ensayos a las que deben ser sometidos los productos orgánicos como abonos y enmiendas. Del mismo modo, se tomó referencia la Norma Técnica NOCh 2880, aprobada en el año 2004. Esta Norma Oficial Chilena, establece la clasificación y requisitos de calidad de compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por: agroindustria, agrícola, forestales, ganaderos, pesqueros y de mercados (29). Asimismo, la OMS también ha determinado parámetros mínimos fisicoquímicos para establecer la calidad del compost (30). Toda la información detallada se encuentra en la tabla 2, 3 y 4, del sub capítulo bases teóricas, normas de calidad de abonos orgánicos.

2.2.10. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos es todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de degradarse por microorganismos, igualmente comprende los restos, desechos, productos y desperdicios biodegradables de cualquier ser vivo u organismo. (37).

Los residuos orgánicos comprenden todo aquello que procede de organismos vivos como son las plantas y animales, los cuales poseen componentes orgánicos generados por la naturaleza y se degradan biológicamente o por actividad de microorganismos, centrándose en categorías como: restos alimenticios, restos de jardín, cartón y otros productos de papel, restos de madera

y desechos de animales. Sobra mencionar que los residuos orgánicos no incorporan metales, vidrio ni plásticos derivados del petróleo.

Los residuos orgánicos generalmente se clasifican en:

❑ Restos de comida

Conocidos también como biorresiduos domésticos, son aquellos que constituyen la porción orgánica de los desechos de la elaboración de alimentos, principalmente son restos sobrantes de comida crudos o cocidos y alimentos en mal estado, los cuales proporcionan características químicas y físicas como son el pH y la humedad.

❑ Restos de poda y jardín

Comprenden restos de los servicios de mantenimiento y podas en los parques y jardines, se producen una enorme cantidad de residuos caracterizados por ocupar un extenso volumen con un peso muy bajo, constituido por ramas, partes leñosas y follajes, con una gran cantidad de hojas, dependiendo del tipo de especie de planta o árbol.

❑ Excretas de animales

Las excretas son restos del metabolismo de los alimentos ingerido por los animales, los organismos obtienen los nutrientes necesarios para su conservación, producción y reproducción y lo restante son componentes de la digestión no aprovechados, en consecuencia, son desechados como heces y orina. Estas excretas pueden ser de distintos tipos por ejemplo de ganado vacuno, equinos, cerdos, ovejas, cabras, gallinas y cuy entre las más comunes.

2.2.11. Residuos orgánicos compostables

Los residuos orgánicos que se producen en el domicilio tienen como fuente la cocina y el jardín, los cuales se clasifican de acuerdo a su contenido de nitrógeno (verdes) y carbono (marrones), asimismo en función de sus contenidos de humedad (secos y húmedos). Adicionalmente de aprender a identificarlos y clasificarlos, también necesitamos conocer qué residuos se pueden compostar en casa y cuáles no (31).

Tabla 12. *Residuos orgánicos compostables*

	VERDE Y HÚMEDOS	SECOS Y MARRÓN
	<ul style="list-style-type: none"> • Suministran especialmente nitrógeno. • Se descomponen con rapidez. • Se endurecen impidiendo la circulación de aire. • Tienen alto contenido de humedad y sales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministran principalmente carbono. - Se descomponen ligeramente. - Conceden estructura, porosidad y circulación de aire. - Tienen escasa humedad y contenido de sales
DE COCINA	<ul style="list-style-type: none"> • Restos de frutas y hortalizas, crudas o cocidas. → Echar trozados • Restos de yerba, residuo del café, bolsita de té y demás infusiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Semillas y carozos o huesos de frutas frescas. - Cáscaras de frutos secos. - Cáscaras de huevos. - Rollos y servilletas de papel de cocina, filtros de café. - Fósforos usados. - Cajas de cartón sucio, bolsas de papel madera, maples de huevo sin color → Arrojar trozados.
DE JARDIN	<ul style="list-style-type: none"> • Césped cortado. • Restos de plantas y flores de raleos, deshiero, trasplantes, recambios. • Estiércol o guano de caballo, cabra, oveja, cerdo, conejos, gallinas, patos o gansos → Animales de granja no reclusos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas secas de árboles. - Ramitas de arbustos o árboles. - Restos de maderas sin tratamiento químico → previamente se debe cortar o dividir en trozos. - Viruta, aserrín, cortezas de árboles.

2.2.12. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes o EM (por su sigla en inglés) consisten en productos líquidos preparados que incorpora más de 80 especies de microorganismos, con una porción de especies aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro primordial es que pueden convivir como sociedades microbianas e incluso pueden completarse (38).

El EM beneficia al proceso de degradación de la materia orgánica y durante la fermentación genera ácidos orgánicos que habitualmente no se encuentra disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un componente determinante en este proceso es la materia orgánica que es proporcionado por el reciclado de residuos de los cultivos, materias verdes y deshecho de animales. Del mismo modo este proceso lleva a un aumento de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, que es un microorganismo fundamental en el EM, eliminan microbios patogénicos de forma directa e indirecta por la generación de actinomicetes.

2.2.12.1. Componentes de los microorganismos eficientes (EM)

Los grupos microbianos que integran los ME son los siguientes (38):

a) Bacterias ácido lácticas (BAL)

Corresponde a microorganismos que tienen distintas aplicaciones, siendo una de las más importantes la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para disponer de productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros. Adicionalmente, los BAL son ácido tolerante por lo que una porción puede disminuir a valores de pH tan bajos como 3, 2; otras a valores elevados como 9,6; y la mayor parte crece a valores de pH comprendidos entre 4 y 4,5. Estas características le dejan mantenerse vivo naturalmente en ambientes donde otras bacterias no alcanzarían sobrevivir.

b) Bacterias fotosintéticas

Corresponde a un conjunto de microorganismos representados esencialmente por las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, los cuales son microorganismos autótrofos facultativos. Este grupo emplea como suministro de carbono moléculas orgánicas generadas por la segregación de las raíces de las plantas y como fuente de energía recurren a la luz solar y la energía calórica del suelo.

c) Levaduras

Las levaduras representan un grupo microbiano vigente en la elaboración de los EM dispuestos de emplear distintas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Entre las especies que conforman esta comunidad microbiana se encuentra la especie del género *Saccharomyces*, aun cuando predomina las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Dichos microorganismos necesitan como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos; sin embargo, no son capaces de absorber nitratos tampoco nitritos. Otro nutriente solicitado por estos microorganismos es el fósforo que se puede suministrar en modo de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas de complejo B. Finalmente, las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos segregados por bacterias fotosintéticas.

d) Actinomicetes

Los actinomicetos comprenden bacterias filamentosas con cierta semejanza con los hongos, su crecimiento consta de un micelio ramificado que procura dividirse en elementos bacterianos. Gran número de actinomicetos son de existencia libre, principalmente en el suelo, resaltando por su función principal en la solubilización de la pared celular o elementos de las plantas,

hongos e insectos. Por consiguiente, tienen gran relevancia en el compostaje y en la constitución de suelos, pero determinadas especies de Actinomicetes pueden ser endófitos en tejidos vegetales, como constituyentes de EM *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las fundamentales especies de Actinomicetes informadas.

e) Hongos lamentosos con capacidad fermentativa

Los hongos favorecen en el desarrollo de la mineralización del carbono orgánico del suelo; a su vez una cantidad importante de los hongos son antagonistas de especies fitopatógenas. Asimismo, los hongos disponen de la capacidad de procrearse tanto sexual como asexualmente, en donde la segunda les posibilita multiplicarse de forma apresurada bajo situaciones favorables (sustratos ácidos y ricos en carbono) y la sexual (esporas) es más común bajo situaciones desfavorables. Los hongos disponen de demandas relativamente bajas de nitrógeno, lo cual les proporciona una ventaja competitiva en la degradación de materiales como la paja y la madera.

2.2.12.2. Activación de microorganismos eficaces (EMA)

Los microorganismos eficaces (EM) se encuentran en estado latente (inactivo), para mantenerse a largo plazo, por lo cual antes de emplearse, este debe ser activado, quiere decir EM Activado = EMA. El cual puede disponer de una más alta población de microorganismos benéficos y también puede reducir los costos.

El EM Activado consiste en 5% de EM y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un contenedor herméticamente cerrado, permitiendo su fermentación durante una o dos semanas antes de su aplicación. Un aroma agridulce y un pH 3.5 o menor muestran que el proceso de activación está terminado y la activación se realiza solo una vez, si se realiza muchas veces se pierde el balance de los microorganismos, por consiguiente, no existe garantía sobre su calidad y función; además, se debe emplear el mismo material y volumen indicado, caso contrario repercutirá en su calidad. La calidad de EMA es fundamental y si activa con deficiente calidad, no funciona ni trabaja bacterianos en el lugar.

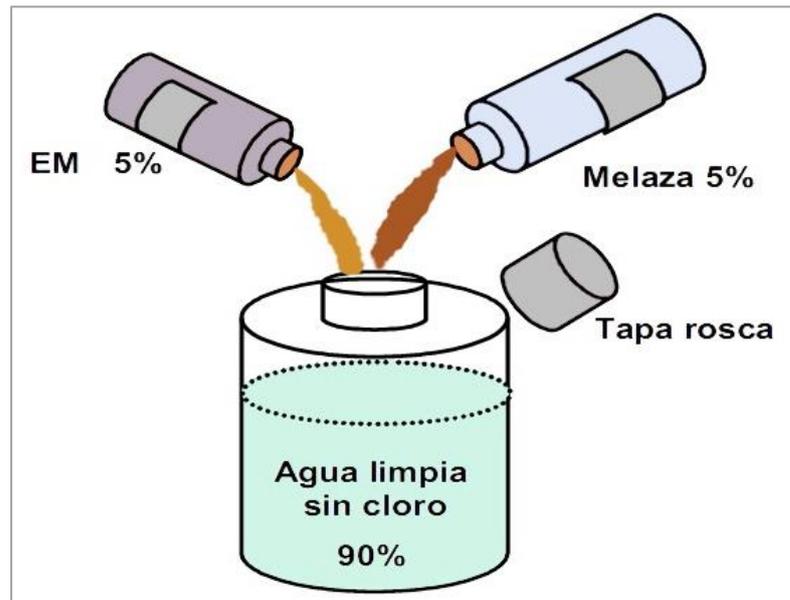


Figura 2. Activación de los microorganismos eficaces. Adaptada de “Guía de la Tecnología de EM”, por EM Producción y Tecnología S.A, 2011. (39)

2.2.12.3. EM Compost

Es un cultivo mixto de microorganismos beneficioso de origen natural; su contenido no perjudica al ambiente, ni a la salud de los seres, sean estas personas o animales al tener contacto con él. EM compost ofrece los siguientes beneficios en la elaboración de abonos orgánicos:

- Apresura la desintegración de la materia orgánica.
- Potencia los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.
- Atenúa los problemas de salinidad en los suelos.
- Disminuye la comunidad de nemátodos y patógenos en los suelos.
- Aumenta la calidad nutricional y biológica del compost.
- Disminuye los malos olores y aparición de moscas en las granjas, previniendo la aparición de enfermedades en los animales.

2.2.13. Economía circular

La economía circular representa la antítesis del modelo económico lineal, es teóricamente un modelo holístico, restaurador y regenerativo. Fomenta que productos, componentes y materiales conserven su valor y su utilidad de modo continuo a lo largo de todo el ciclo de producción y uso. Provoca innegables ventajas ambientales, beneficios sociales y valor agregado para las empresas, elementos indispensables para garantizar la sostenibilidad de los recursos y la diversidad ecológica en un contexto mundial globalizado, complejo, y a menudo, cambiante (40).

El propósito de la economía circular es procurar que tanto las materias primas como los productos y los recursos permanezcan dentro del ciclo productivo el mayor periodo posible,

eliminando la habitual señal de desarrollo económico orientado exclusivamente en la cantidad consumida de productos terminados. La economía circular promueve esquemas de pre y post producción que garantiza a los productos, subproductos y residuos valorizables en servicio durante largo tiempo, pretendiendo su reutilización una y otra vez. El concepto de circularidad responde a los crecientes desafíos vinculados con los recursos a los que hacen frente los ciudadanos, las empresas y los gobiernos, y pretende por esta vía producir crecimiento, crear empleo y disminuir los efectos ambientales negativos, inclusive las emisiones de gases de efecto invernadero responsable del cambio climático.

2.2.14. Principios de la economía circular

La economía circular se asienta sobre tres principios fundamentales descritos a continuación (40):

Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural, controlando las reservas agotables y compensando los flujos de recursos renovables, desintegrando la utilidad y ofreciendo ventajas cualitativas y de forma virtual siempre que sea posible. Cuando se requiere recursos, el sistema circular los escoge de forma razonable y elige tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables.

Principio 2: Optimizar el rendimiento de los recursos repartiendo productos, componentes y materias asegurando su máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como biológicos. Esto involucra diseñar para re fabricar, reacondicionar y reciclar con la finalidad de mantener los componentes técnicos y materias circulando, fomentando de este modo a optimizar la economía.

Principio 3: Promover la productividad de los sistemas detectando y suprimiendo del diseño los factores negativos externos. Esto incluye evitar, o al menos aminorar, los posibles daños en sectores como la alimentación, la movilidad, la educación, la sanidad y el ocio, y verificar adecuadamente los factores externos de relevancia, tales como el uso del suelo, la contaminación del aire y del agua, o el vertido de sustancias tóxicas.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Modelo de economía lineal

Es una economía clásica basada en tomar, usar y desechar, en el consumo de enormes cantidades de energía y de materias primas baratas y de fácil abastecimiento para el desarrollo industrial, creador de un nivel de desarrollo sin precedentes en la trayectoria de la humanidad (40).

2.3.2. Valorización

Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos (25).

2.3.3. Valorización material

La valorización material puede ser: la reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, ente otras alternativas que, a través de procesos de transformación física, química, u otros demuestran su viabilidad técnica, económica y ambiental (25).

2.3.4. Humus

Es una sustancia marrón oscura, quebradiza, que contiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes; los cuales se generan a partir de la descomposición de restos orgánicos por los microorganismos descomponedores (bacteria y hongos). El humus es lo que queda cuando los microorganismos dejan de alimentarse. (32).

2.3.5. Mezcla/Volteo

Es un procedimiento reiterado mediante el cual se uniformiza el material que forma la pila de compostaje, donde la frecuencia de mezclado o volteo depende del tipo de compostaje (41).

2.3.6. Compostera

Es un recipiente donde se puede degradar la materia orgánica que se deposita en él, con la finalidad de obtener un abono ecológico que contribuye en la nutrición de las plantas (10).

2.3.7. Pila

Representa el depósito o espacio donde se encuentran los materiales en proceso de compostaje. La pila se hace por capas o mezclando los materiales en una proporción de tres partes de restos de poda por uno de césped o vegetales verdes (42).

2.3.8. Residuos

Los residuos representan todos los desechos que generamos en nuestras labores cotidianas, y de los que nos desprendemos cuando pierden su valor o su utilidad (43).

2.3.9. Residuo orgánico domiciliario

Denominados también biorresiduos domésticos, es la porción de los residuos sólidos conformado por restos de frutas, restos de hortalizas, restos de poda y jardín, los cuales son rápidamente compostables (44).

2.3.10. Proceso anaerobio

Proceso a través del cual los microorganismos degradan materia orgánica en ausencia de oxígeno, como productos finales se obtienen metano, dióxido de carbono y numerosos productos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes (41).

2.3.11. Proceso aerobio

Proceso a través del cual los microorganismos degradan materia orgánica en presencia de oxígeno a través de la acción combinada de numerosas poblaciones microbiana asociadas con muchos factores ambientales dando como resultado dióxido de carbono, agua y calor como principales productos del metabolismo biológico (41).

2.3.12. Estiércol

Es el material orgánico utilizado generalmente para abonar la tierra, compuesto por lo común por heces y orina de animales domésticos. Algunas veces suele presentarse combinado con restos vegetales como paja, heno o material de las camas del ganado; así como agua procedente de los bebederos y establos (45).

2.3.13. Microorganismos

Representan seres vivos diminutos que requieren equipos especializados como el microscopio para ser vistos en el suelo (46). Muchos microorganismos son responsables de la descomposición de materia orgánica, comprende las bacterias y hongos, indispensables para preservar la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

3.1.1.1 Método general

Para el trabajo de investigación se usó el método hipotético - deductivo, porque la investigación partió de afirmaciones, hipótesis, para buscar la negación o afirmación mediante la comprobación experimental.

El método - hipotético deductivo, consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (47).

3.1.1.2 Método específico

El método de investigación específico fue el analítico, dado de que se realizaron análisis de los parámetros de evaluación del compost mejorado y compost base al término del compostaje.

El método analítico se define como un proceso cognitivo que consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual (47).

En este trabajo de investigación se tomó muestras de los compost finales, compost mejorado y compost base, las que fueron llevadas al laboratorio de suelos y análisis foliar – Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para ser analizadas en los parámetros: Porcentaje de humedad, materia orgánica, pH, nitrógeno Total, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Tabla 13. *Parámetros y métodos de análisis del compost, al final del experimento.*

Nº	Parámetros	Método de análisis
1	Humedad (%H)	Gravimetría
2	Materia Orgánica (%MO)	Walkley-Black
3	pH	Potenciómetro
4	Nitrógeno Total	Micro -Kjeldahl
5	Fósforo (P ₂ O ₅)	Olsen modificado
6	Potasio (K ₂ O ₅)	Acetato de amonio
7	Calcio (CaO)	Absorción atómica
8	Magnesio (MgO)	Absorción atómica

Nota: Resultados de Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar-Facultad de Ciencias Agrarias. Tomado de UNSCH, 2022. (48)

El análisis de los parámetros y la determinación de los métodos del compost final (mejorado y compost base) fueron realizados en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - UNSCH.

- **Humedad del compost final (%H)**

El porcentaje de humedad del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método gravimétrico, el cual consistió en pesar la muestra del compost con contenido de humedad original y posteriormente secar la muestra en una estufa a 110°C, por un periodo de 24 horas, una vez cumplido el tiempo dejar enfriar la muestra por 30 minutos; realizar el cálculo con la fórmula establecida (49).

- **Materia orgánica (%MO)**

El porcentaje de materia orgánica del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método de Walkley y black.

Este método consiste en la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) más H₂SO₄. El exceso de K₂Cr₂O₇ es determinado por titulación con FeSO₄ o con (NH₄Fe)₂(SO₄)₃, obteniéndose una primera reacción de oxidación – reducción y un segunda reacción de titulación; el punto de equivalencia de esta reacción es dada por el indicador Redox: difenil amina sulfúrica. La materia orgánica es estimada asumiendo que esta contiene 58% de carbono (factor de Van Bemmlen) (49).

- **pH**

El análisis del pH del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método de pH-metro o Potenciómetro.

El método consiste en la medir el pH en un líquido sobrenadante que está en equilibrio en una suspensión muestra líquido en una relación 1:2.5. El líquido es agua o un electrolito: 1N de cloruro de potasio (KCL 1N) (49).

- **Nitrógeno total**

El análisis de nitrógeno total del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método micro-kjeldahl.

El método consiste en pesar 1 g de muestra seca, para luego ser colocada en el balón de micro Kjeldahl de 100 ml de capacidad, se adiciona una pastilla de Kjeldahl y 3 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, calentar en la unidad de digestión hasta que el color de la solución sea claro, dejar enfriar y adicionar agua destilada para dar volumen (aprox. 15 ml), Llevar a la unidad de destilación. Adicionar por el tubo de seguridad NaOH. Luego se destila con la adición de NaOH para dar un carácter salino a la solución, el NH₄⁺ se transforma en NH₃, el cual mediante el sistema de destilación para enfriar el flujo gaseoso da lugar al NH₄OH, el cual es recolectado en una solución de ácido bórico (H₃BO₃); se titula con H₂SO₄ estandarizado, hasta que el indicador cambie de color. Los mililitros de ácido usados en esta titulación por la normalidad del ácido, será igual al mili equivalente del nitrógeno en la muestra (49).

- **Fósforo (P₂O₅)**

El análisis de Fosforo disponible del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método Olsen.

Cabe mencionar que en suelo ácidos los compuestos dominantes del fósforo son los de aluminio, fierro y manganeso; mientras que en suelos alcalinos lo son los fosfatos de calcio y magnesio. Esta química del fósforo ha hecho que se desarrollen diferentes extractantes en el análisis del fósforo disponible. Por lo que, para suelo alcalinos el Dr. Olsen trabajó con el extractante bicarbonato de sodio (NaHCO₃) en el cual el ion bicarbonato tiende a capturar al calcio, manteniendo el fosfato en solución (49).

- **Potasio (K₂O₅)**

El análisis de potasio disponible del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método extracción con acetato de amonio (CH₃-COONa) N (49).

- **Calcio (CaO) y Magnesio (MgO) del compost final**

El análisis de calcio y magnesio del compost final, fue determinado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el método absorción atómica (49).

3.1.2 Tipo de investigación

La presente tesis corresponde a un tipo de investigación aplicada, Cuyo procedimiento es práctico y donde la intención es aplicar conocimientos científicos que otorgue una solución al problema planteado.

Este tipo de investigación tiene como objetivo crear nueva tecnología a través de la investigación estratégica para determinar si estos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos (50). Asimismo, Hilario (51) considera que se busca previamente conocer qué principios, leyes, teorías, doctrinas y conceptualizaciones existen para hacer, actuar y construir, además de aplicar conocimientos a la solución de problemas prácticos inmediatos.

De manera que la tesis contempla este tipo de investigación puesto que tuvo como finalidad mejorar el proceso de compostaje buscando optimizar la calidad del compost, así como reducir el tiempo de su obtención. Para ello se instalaron pilas con lo que vendrá a ser el compostaje mejorado, en la que se utilizó residuos orgánicos generados en la granja Montefino (residuos orgánicos vegetales y animales) y microorganismos eficientes.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente trabajo es el explicativo, ya que se propone una causa en la variable independiente que tendrán efectos en la variable dependiente. Es decir, este nivel de investigación sugiere ir más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (52).

Se desarrolló un nivel de investigación experimental puesto que proponemos la elaboración de un compost mejorado que cause efectos en la calidad obtenida, con ello buscamos dar a conocer

las propiedades fisicoquímicas de ambas pruebas, y como es reflejado en el tiempo del proceso de compostaje.

3.1.4 Alcance de la investigación

En el trabajo de investigación realizado, se planteó mejorar el proceso de compostaje realizado por la Granja Montefino, y se conservó los residuos disponibles en sus labores cotidianas; por lo que se estableció una estricta frecuencia de volteo con aplicación de microorganismos eficientes, estricto control de la humedad durante el periodo del proceso de compostaje. Para lo cual se instalaron dos pilas, pilas con compostaje mejorado y pilas con compostaje base (compostaje realizado por la granja), cada una con sus tres repeticiones.

3.1.5 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, puesto que se manipula deliberadamente la variable independiente (47). En el que se empleó experimentos tanto en campo como en el laboratorio; ambas en condiciones controladas con dos tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento.

Tabla 14. *Tratamientos en estudio*

Tratamiento	Símbolo del tratamiento	Mezcla	Pilas		
			I	II	III
Compostaje Mejorado	P	360 kg Estiércol de vacuno + 20 kg paja de Avena + 12 kg Residuos de cosecha	P1	P2	P3
Compostaje Base	PB	450 kg Estiércol de vacuno + 15 kg paja de Avena + 35 kg Residuos de cosecha	PB1	PB2	PB3

En la Tabla 15, se detallan los símbolos utilizados por cada pila, así como la mezcla realizada, cantidad total de microorganismos eficientes (EM) utilizado y la frecuencia de volteo realizado durante todo el proceso de compostaje.

Tabla 15. *Descripción de las pilas de compostaje en estudio*

Tratamiento	Símbolo del Tratam.	Mezcla	Dosis de Microorganismos Eficientes (EM)*	Frecuencia de volteo
Compostaje Mejorado	P	360 kg estiércol de vacuno + 20 kg paja de avena + 12 kg residuos de cosecha	450 ml	Cada 7 días
Compostaje Base	PB	450 kg estiércol de vacuno + 15 kg paja de avena + 35 kg residuos de cosecha	Sin dosis	Cada 15 días

(*) EM: Microorganismos eficientes

En el diseño experimental desarrollado en este trabajo se estableció la metodología por etapas, el cual se describe a continuación:

- Selección inicial de los residuos a compostar
- Desarrollo del sistema de compostaje
- Análisis de las características fisicoquímicas del producto final obtenido (compost) de los resultados del compostaje mejorado y el compostaje base (compostaje realizado por la Granja Montefino), estos serán comparados.

3.2 Procedimiento de la investigación

3.2.1 Ubicación política del lugar experimental

El lugar de la experimentación fue la Granja Montefino, ubicado en el Centro Poblado de Llachoccmayo, distrito de Chiara, Provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

3.2.2 Ubicación geográfica del lugar experimental

Tabla 16. *Coordenadas UTM del lugar experimental*

Lugar	Instalación de la Investigación	Coordenadas UTM (WG84)		Altitud (msnm)
		Zona 18 S Norte	Este	
Granja Montefino	Zona experimental	8517885.41	582580.29	3691.00

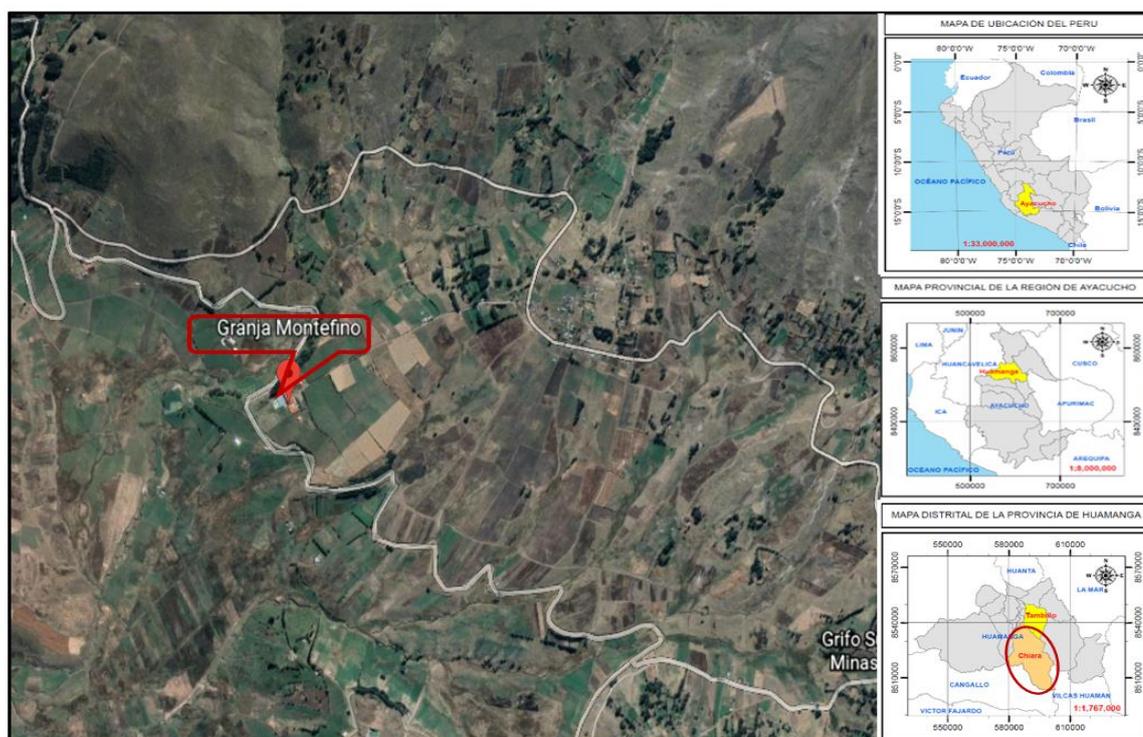


Figura 3. Ubicación de la zona experimental. Recuperada de <https://www.google.com/maps/search/montefino+ayacucho/@-13.4007846,-74.2357814,2187m/data=!3m1!1e3>

3.2.3 Selección de los residuos a compostar

En esta etapa, se identificó la naturaleza de los residuos sólidos que se utilizaron en el proceso de compostaje, con la finalidad de establecer una estrategia de compostaje adecuada en función a los tipos de residuos encontrados en la Granja Montefino, los residuos orgánicos encontrados fueron:

- Estiércol de ganado vacuno, proveniente del establo de la Granja Montefino; en estado maduro, el cual contiene paja seca de la avena en proporciones mínimas.
- Rastrojos de cosecha: desechos de poda de rosas, astromelias y tulipanes, restos de plantas de fresa, moras y arándanos
- Paja seca de avena, restos de avena forrajera henificada.

3.2.4 Recolección y traslado de materia orgánica

La recolección y traslado de los residuos orgánicos generados en la Granja Montefino, se realizó mediante el empleo de una carretilla y una tractor carreta (traslado del estiércol principalmente); y luego ser acopiados en el invernadero de compostaje, para el pesado, picado y uso en las pilas experimentales.

3.2.5 Materiales a experimentar

Los resultados del análisis fisicoquímico del estiércol maduro de vacuno, los residuos de cosecha de tallo y hojas de flores se observan en la tabla 7.

Tabla 17. *Características de los materiales iniciales*

Descripción	%H	%MS	% C	%N	Relación C/N
Estiércol maduro de vacuno	65.4	34.6	41.2	1.9	21.6
Residuo de cosecha	36.4	63.6	53.3	1.3	41.0
Paja seca de Avena	40.0	60.0	21.0	0.3	70.0

Nota: Hoja de resultados de Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar-Facultad de Ciencias Agrarias. Adaptado de UNSCH, 2022. (48)

Los resultados altos del porcentaje de humedad de los materiales iniciales, es debido a que estos fueron humedecidos por las precipitaciones de temporada constantes al momento de la recolección y traslado; cabe mencionar que, la instalación de la investigación se realizó el 18 de enero de 2022.

3.2.6 Desarrollo del sistema de compostaje

El método empleado para la preparación del compost fue el “sistema abierto de pilas con aireación mediante volteo manual” (10).

Una vez caracterizados los residuos orgánicos en la granja, se procedió a encontrar una proporción adecuada de relación C/N, por lo que se aplicó la fórmula siguiente:

$$R = \frac{Q1x(C1x(100 - M1) + Q2x(C2x(100 - M2) + Q3x(C3x(100 - M3) + \dots)}{Q1x(N1x(100 - M1) + Q2x(N2x(100 - M2) + Q3x(N3x(100 - M3) + \dots)}$$

Donde:

R: relación C/N de la mezcla

Q: cantidad de material a añadir en peso seco

C y N: porcentaje de carbono y nitrógeno del material

M: porcentaje de humedad del material.

Los resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. *Relación C/N de las pilas de compostaje*

Descripción		Etapa	Relación C/N
Pilas	Símbolo		
compostaje mejorado (P)	P1	inicio	30.67
	P2	inicio	30.67
	P3	inicio	30.67
Compostaje Base (PB)	PB1	inicio	25.24
	PB2	inicio	25.24
	PB3	inicio	25.24

Nota: Resultados de Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar-Facultad de Ciencias Agrarias. Adaptado de UNSCH, 2022. (48)

3.2.7 Delimitación de las unidades experimentales

Para la estimación y delimitación del área a utilizar en la experimentación, se procedió a determinar la densidad de los materiales a usar en las pilas de compostaje y estimar las dimensiones de la pila. Se hizo uso de un balde con 20 litros, y se estimó el volumen y peso, para obtener los valores estimados de densidad de cada material:

- Estiércol maduro de vacuno: 433.735 kg/m³
- Residuo de cosecha picado: 144.57 kg/m³
- Paja seca de Avena: 110 kg/m³

En la Tabla 9, indica el volumen del compostaje o tamaño de pila de manera detallada.

Tabla 19. *Volumen del compostaje inicial*

Pila	Estiércol de vacuno		Paja de avena		Rastrojo de cosecha		Total m ³
	(kg)	m ³	(kg)	m ³	(kg)	m ³	
Compostaje Mejorado (P)	360	0.830	20	0.182	120	0.830	1.842
Compostaje Base (PB)	450	1.037	15	0.136	35	0.242	1.415

Por lo que, se estima que el tamaño de pila adecuado sería 1.5 m de largo x 1.5 m de ancho x 1.30 m de altura.

Siendo el área ocupada por cada pila de 2.25 m² que corresponde a 1.5 m de largo, 1.5 m de ancho. Antes de la instalación de las pilas, se colocaron plásticos sobre el suelo con la finalidad de evitar la pérdida del material y evitar los lixiviados.

Tabla 20. Características de una pila o Unidad Experimental (UE)

	Características de la pila de compostaje				
	Área	Largo	Ancho	Forma de la UE	Altura de la UE
Unidad Experimental (UE)	2.25 m ²	1.5 m	1.5 m	montículo	1.30 m

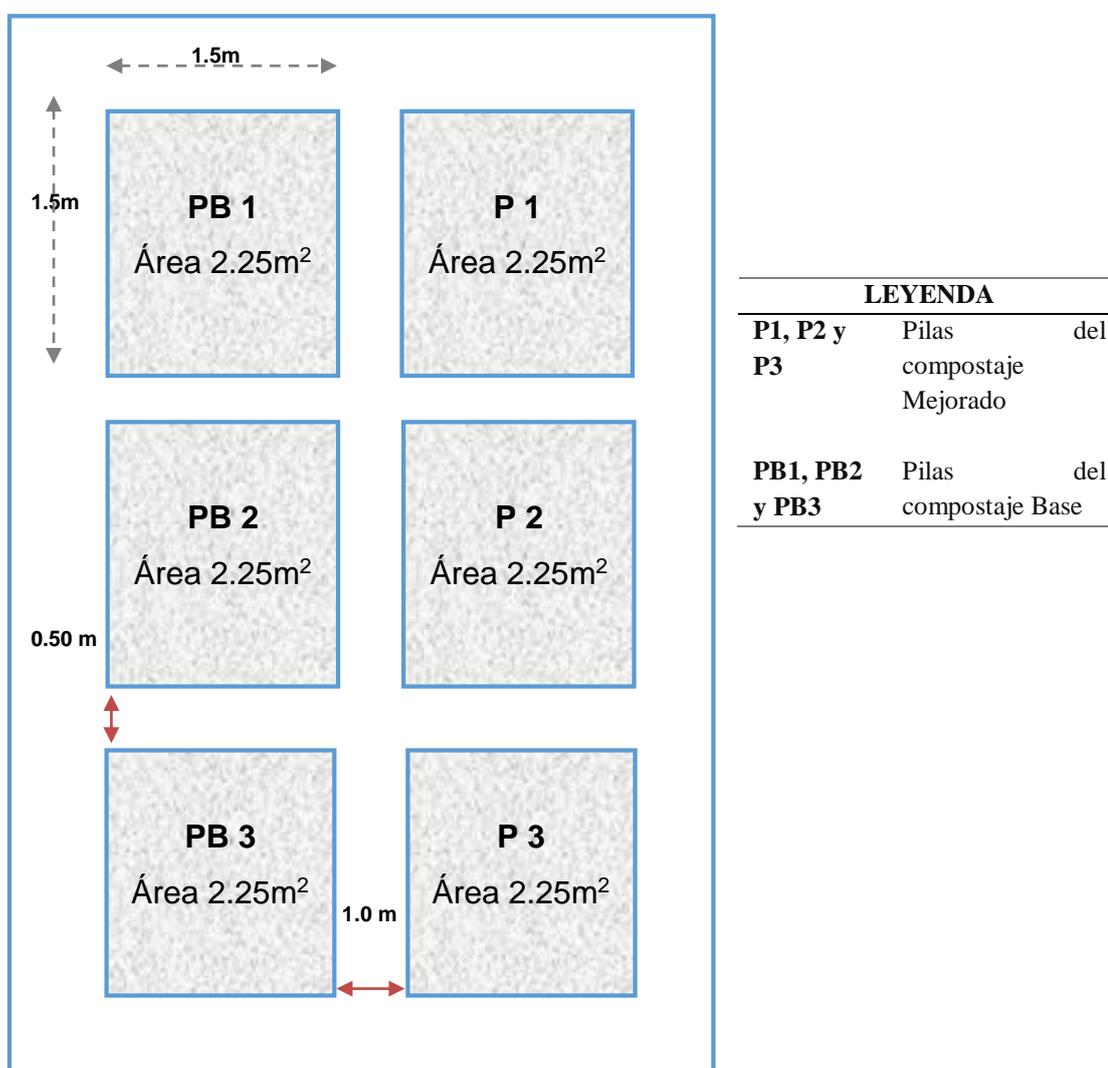


Figura 4. Croquis del área experimental



Figura 5. Distribución y rotulado de pilas de compost

En la elaboración de la pila, la disposición de los residuos orgánicos fue en el siguiente orden: en primer lugar, se colocó 15 cm de rastrojo de cosecha, seguido 10 cm de estiércol de vacuno, paja de avena forrajera, ceniza y el riego con microorganismos eficientes en la dosis señalada en Tabla 15.

3.2.8 Picado de residuos de cosecha

Los residuos seleccionados; paja de avena seca, hojas y tallos verdes de rosas, fresas y moras, fueron picados en tamaños de 5 a 10 cm, con la finalidad de aumentar la velocidad del proceso de compostaje. El picado de residuos de cosecha se realizó con una máquina picadora existente en la granja (modelo KOHLER CH 395-0011), los residuos picados fueron recogidos en mantadas y pesadas de manera exacta, de acuerdo a lo requerido para cada pila de compostaje.

3.2.9 Pesaje de los materiales para la conformación de las pilas de compostaje

Una vez picado los residuos orgánicos, se procedió al pesaje de cada residuo a ingresar en las pilas de compostaje mejorado y base, separándolos para cada uno. En las Tablas 11 y 12, se observan la cantidad de material utilizado por cada pila y su procedencia de las áreas de generación dentro de la granja.

Tabla 21. Cantidad de residuo orgánico utilizado y su procedencia – Compostaje mejorado (P)

Residuos orgánicos	Peso por pila Compostaje Mejorado (kg)	Peso total en las 3 pilas (kg)	Procedencia
Estiércol de vacuno	360	1080	Establo
Paja de avena	20	60	Establo
Rastrojo de cosecha	120	360	Invernadero de fresas, rosas, hortalizas
TOTAL	500	1500	

Tabla 22. *Cantidad de residuo orgánico utilizado y su procedencia – Compostaje Base (PB)*

Residuos orgánicos	Peso por pila Compostaje Base (kg)	Peso total en las 3 pilas (kg)	Procedencia
Estiércol de vacuno	450	1350	Establo
Paja de avena	15	45	Establo
Rastrojo de cosecha	35	105	Invernadero de fresas, rosas, hortalizas
TOTAL	500	1500	

3.2.10 Conformación de la pila de compostaje

Después de la recolección, picado y pesaje de los residuos orgánicos a utilizar, se procedió a la conformación de las pilas a compostar, cuya descripción se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 23. *Descripción de las pilas de compostaje en estudio*

Tipo de pila	Símbolo	Mezcla	Superficie utilizada por pila
Compostaje Mejorado	P	360 kg estiércol de vacuno + 20 kg paja de Avena + 120 kg residuos de cosecha	2.25 m ²
Compostaje Base	PB	450 kg estiércol de vacuno + 15 kg paja de Avena + 35 kg residuos de cosecha	2.25 m ²

(*) EM: Microorganismos eficientes

3.2.11 Procedimiento para la instalación de las pilas

La instalación de las pilas se realizó en el interior de un invernadero que ocupa un área de 292.50 m², con dimensiones de 13 m de ancho y 22.50 m de largo, destinados exclusivamente para la producción de compost y humus de lombriz. El área a utilizar para el experimento fue de 32.5 m² (5 m de ancho x 6.5 m de largo, considerando los espacios de separación). Para el procedimiento del armado de las pilas de compostaje, se procedió por capas y de la siguiente manera:

- En la primera capa se colocó el material grueso de los rastrojos de cosecha de hortalizas, fresas, arándanos; restos de poda y desyemado de rosas en un espesor de 15 cm. Paralelo a esta actividad se colocó un rollizo de 1.60 m de largo x 10 cm de diámetro, en el centro de la pila, con la finalidad de que genere un espacio y consecuentemente la aireación suficiente, para el trabajo de los microorganismos.
- En la segunda capa, se colocó estiércol de vacuno en un espesor de 10 a 15 cm, y sobre ello se roció ceniza, y luego una capa de paja de avena.

- Luego la capa preparada se roció con agua más microorganismos eficientes (1 litro de EMA diluido en 20 litros de agua sin cloro). En la tabla 3.10, se puede observar detalladamente la cantidad de EMA incorporada por pila y el momento de aplicación.
- Se realizó esta operación hasta que se agote los residuos que anteriormente ya fueron pesados.
- Una vez culminado con la preparación de la pila, se prosiguió a tapar con paja, con la finalidad de evitar la evaporación o pérdida de agua de la pila, ya que en días soleados la temperatura del invernadero puede llegar entre 28 a 30 °C.

3.2.12 Activación de microorganismos

EM COMPOST es un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural, su contenido no afecta al ambiente, ni a la salud de las personas y animales que se encuentren en contacto con él.

El EM Compost es un concentrado de microorganismos en estado latente por lo que se requiere activarlo para su uso.

La activación del EM COMPOST, se realizó cuatro días antes de su uso, el 14 de enero, mientras que la instalación de la investigación fue el 18 de enero. En la tabla 24 se describe detalladamente el procedimiento para su activación.

Tabla 24. *Preparación y activación de microorganismos eficientes*

Procedimiento de activación de EM compost	
EM compost es un concentrado de microorganismos en estado latente por lo que se requiere activarlo para su uso.	
Materiales a usar	1. Balde de 20 litros. • 1 litro de EM Compost (empaquete comercial) 2. Jarra de 1 litro • 1 kg de melaza
Paso 1	Se vierte 18 litros de agua libre de cloro en un balde de 20 litros, en seguida se hecha 1 kg de melaza y se mezcla hasta que se encuentre bien diluida.
Paso 2	A la solución conseguida se le agrega el litro de EM compost, procediendo con su respectiva mezcla.
Paso 3	El balde se sella y se deja reposar para su respectiva fermentación durante 5 días. Y obtener EM-Activado (EMA).
1 litro de EM compost rinde para 20 litros de EM-ACTIVADO (EMA).	

3.2.13 Inoculación de microorganismos

En cada unidad experimental se aplicó EM Compost Activado (EMA) la aplicación fue al inicio, y en cada volteo, en la tabla 15, se observa en mayor detalle la cantidad y el momento de su aplicación.

Tabla 25. Cantidad de EM compost - activado (EMA) utilizado por pila de compostaje

Descripción		Cantidad de EMA* Aplicada, para una pila de 500 kg de mezcla de residuo orgánico	Momento de Aplicación de EMA *
Pilas	símbolo		
compostaje mejorado	P1	4000 ml EMA*+80 lts de agua sin cloro	Al inicio
		1000 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	1er, 2do
		500 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	3ro, 4to, 5to, 6to, 7mo, y 8vo volteo
	P2	4000 ml EMA*+80 lts de agua sin cloro	Al inicio
		1000 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	1er, 2do
		500 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	3ro, 4to, 5to, 6to, 7mo, y 8vo volteo
	P3	4000 ml EMA*+80 lts de agua sin cloro	Al inicio
		1000 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	1er, 2do
		500 ml EMA*+20 lts de agua sin cloro	3ro, 4to, 5to, 6to, 7mo, y 8vo volteo

(*) EMA: EM COMPOST – ACTIVADO

Tabla 26. Cantidad de EM compost (EM)–producto comercial y EMA utilizado por pila.

Tipo de pila	Símbolo	Cantidad de (EM- compost) *		Cantidad de (EMA)**	Momento de aplicación EMA	
		Total	Sub total			
Compostaje Mejorado	P1	450 ml	200 ml	4000 ml	instalación de la pila	
			100 ml (50 ml/volteo)	1000 ml	1 ^{er} volteo	
				1000 ml	2 ^{do} volteo	
				500 ml	3 ^{er} volteo	
				500 ml	4 ^{to} volteo	
				150 ml (25 ml/volteo)	500 ml	5 ^{to} volteo
				500 ml	500 ml	6 ^{to} volteo
				500 ml	500 ml	7 ^{mo} volteo
				500 ml	500 ml	8 ^{vo} volteo
					200 ml	4000 ml
	P2	450 ml		1000 ml	1 ^{er} volteo	

		100 ml (50 ml/volteo)	1000 ml	2 ^{do} volteo	
			500 ml	3 ^{er} volteo	
		150 ml (25 ml/volteo)	500 ml	4 ^{to} volteo	
			500 ml	5 ^{to} volteo	
			500 ml	6 ^{to} volteo	
			500 ml	7 ^{mo} volteo	
			500 ml	8 ^{vo} volteo	
	P3	450 ml	200 ml	4000 ml	instalación de la pila
			100 ml (50 ml/volteo)	1000 ml	1 ^{er} volteo
				1000 ml	2 ^{do} volteo
				500 ml	3 ^{er} volteo
			150 ml (25 ml/volteo)	500 ml	4 ^{to} volteo
				500 ml	5 ^{to} volteo
				500 ml	6 ^{to} volteo
				500 ml	7 ^{mo} volteo
				500 ml	8 ^{vo} volteo
Compostaje Base	PB1, PB2 y PB3	Sin dosis de aplicación			No se aplicó

(*) EM: Microorganismos Eficientes (***) EMA: EM COMPOST – ACTIVADO

3.2.14 Volteo de compost

En las pilas de compostaje mejorado el volteo se realizó semanalmente, de tal forma que se asegure la aireación total durante todo el proceso, evitar la compactación y fue el momento en que se incorporó EM COMPOST - ACTIVADO (EMA) a las pilas del compostaje mejorado en las dosis ya descritas en la tabla 26.

En las pilas de compostaje base, el volteo se realizó cada 15 días, periodo que realizan normalmente en la granja.

Tabla 27. *Frecuencia de volteo de las pilas de compostaje en estudio*

Tratamiento	Símbolo	Frecuencia de volteo	Total, de volteos
Compostaje Mejorado	P	Cada 7 días	8
Compostaje Base	PB	Cada 15 días	entre 4 a 5

(*) EM: Microorganismos eficientes

3.2.15 Regulación de la humedad

A cada pila se le incorporó agua en forma manual una vez por semana, para mantener la humedad en un nivel óptimo. Para la comprobación de la humedad en el momento, se utilizó el método de prueba de puño, la cual consistió en tomar una cantidad de compost con el puño de una mano y posteriormente aplicar la fuerza.

3.2.16 Monitoreo del compostaje

Se utilizó un formato para el registro de información de temperatura, pH, porcentaje de humedad y observación de las condiciones climáticas del día; asimismo, se desarrolló el control del proceso de compostaje y el registro de su respectiva evidencia fotográfica.

La medición de la temperatura de la pila se realizó con un termómetro digital, introduciendo está a una profundidad media, para luego anotar el valor registrado, tres anotaciones por pila; esta medición fue realizado durante la primera semana una vez al día y a partir de la segunda semana cada dos días, en horario de 8:30 a 10 am.

El pH de la pila fue medido con un equipo medidor de pH de suelo digital, el cual se introdujo a una profundidad media para luego anotar el valor reportado, tres anotaciones por pila; esta medición fue realizada durante la primera semana una vez al día y a partir de la segunda semana cada dos días, en horario de 8:30 a 10 am.

Para la medición de la humedad en la pila se usó un equipo de medición de humedad para suelo digital, el cual en sus especificaciones técnicas menciona cinco niveles siendo los siguientes:

Tabla 28. *Especificaciones técnicas de medidor digital de suelo 4 en 1*

Niveles de humedad del equipo	Interpretación	Símbolo utilizado para el registro de información (categorías)	Humedad (%)
DRY+	Muy seco	1	< 20%
DRY	Seco	2	21 – 30%
NOR	Normal	3	31 – 40%
WET	Mojado, húmedo	4	41 – 60%
WET+	Muy húmedo	5	> 61%

Nota: Hoja técnica del medidor de pH, humedad, temperatura y luz solar. Modelo: YH-Soil4in1

El equipo medidor de humedad digital, se introdujo a una profundidad media para luego anotar el valor reportado, tres anotaciones por pila; esta medición fue realizada durante la primera semana una vez al día y a partir de la segunda semana cada dos días, en horario de 8:30 a 10 am. Además de ello se realizó la técnica de la “prueba del puño”, para esto se introduce la mano a la pila para sacar un puñado de material, posteriormente se le aplica la fuerza de manera normal, si sale 8 a 10 gotas, la humedad será un 80 % aproximadamente, si no gotea y al abrir la mano, el material permanece moldeado la humedad se encuentra entre un 20 a 30%, y si el compost se disgrega entonces está seco con una humedad a 20% (10).

3.2.17 Tamizado y pesado del compost

La cosecha se realizó el 22 de abril, a los 94 días de la instalación de las pilas, en la cual se efectuó el tamizaje de los tratamientos, para la obtención del compost con granulometría adecuada, seguidamente se pesaron en costales de 50 kg. Asimismo, fueron pesados las

partículas que no pasaron por el tamiz, para la determinación del porcentaje de material no degradado.

Para hallar el rendimiento del compost se utilizó la siguiente fórmula:

$$R (\%) = \frac{Cf}{Ci} \times 100$$

Donde:

R: rendimiento del compost

Cf: Peso del compost final (Kg)

Ci: Peso del compost inicial (Kg)

3.2.18 Análisis de las características físico – químico del producto final obtenido (compost), de seis muestras, para su comparación.

Las muestras fueron extraídas de cada pila, para ser llevadas al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – UNSCH, para ser analizados en los parámetros de: Porcentaje de humedad, materia orgánica, pH, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio y magnesio, el cual se detalló en la Tabla 3. Es así como se determinó la calidad del compost obtenido en la investigación.



Figura 6. Tamizado y rotulado de las muestras de compost

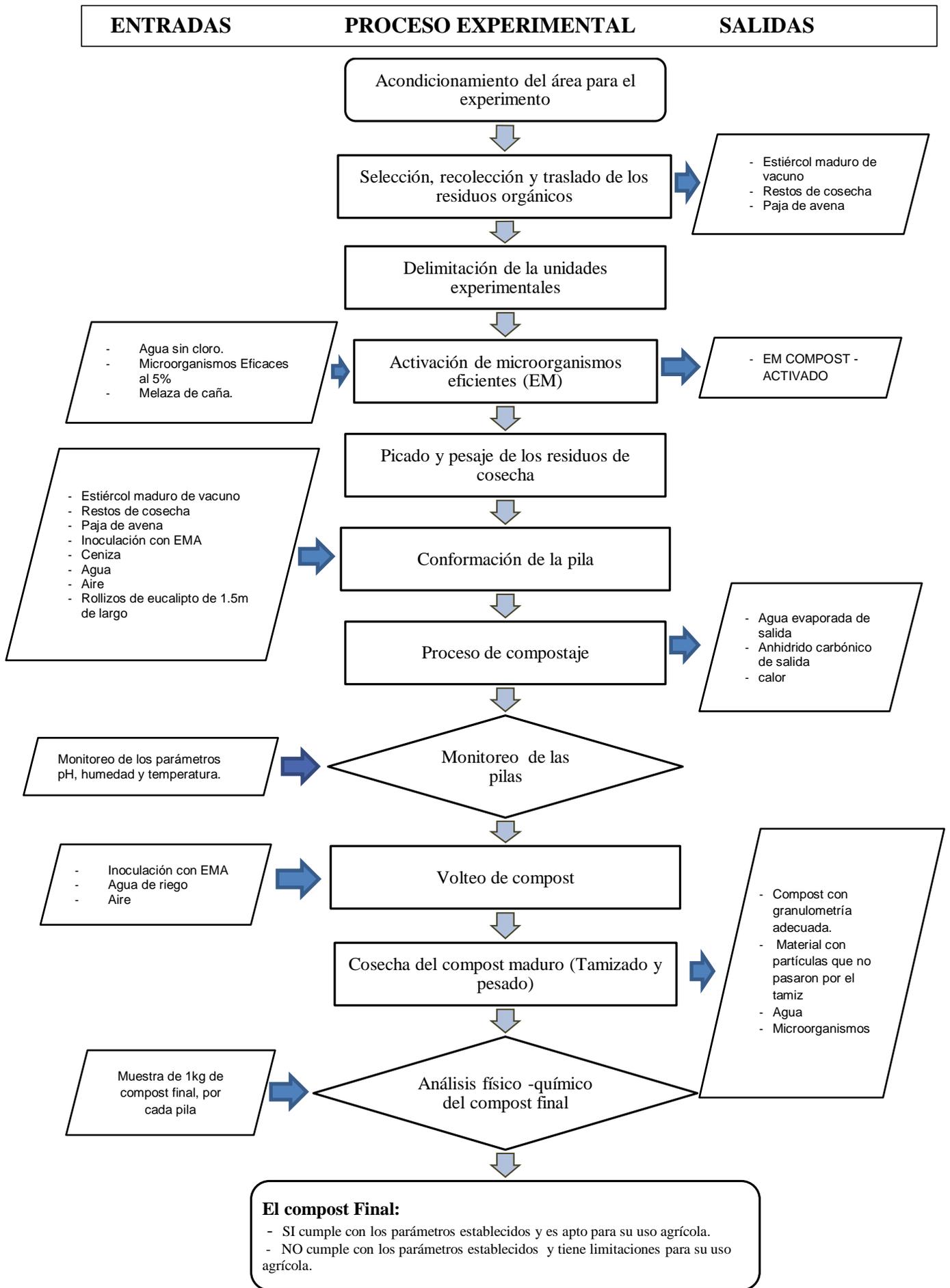


Figura 7. Diagrama del flujo del proceso experimental

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está constituida por los residuos sólidos orgánicos generados en la Granja Montefino, comunidad de Llachocmayo, distrito de Chiara, provincia de Huamanga, región de Ayacucho.

3.3.2 Muestra

Las muestras seleccionadas estuvieron conformadas por pilas de 500kg de residuos orgánicos, instalados por triplicado. Tamaño del muestreo: Se recolectaron la producción diaria de residuos orgánicos, específicamente estiércol de vacuno y restos de cosecha, poda y despunte de plantas (rosas, lirios y astromelias).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica

La técnica empleada está basada en la observación de los diversos caracteres fisicoquímicos de las pilas durante el proceso de compostaje.

3.4.2 Instrumento

El instrumento validado para el desarrollo de la presente tesis es la ficha de registro, control y evaluación de datos obtenidos en campo. El cual registra un formato para la obtención de información de la temperatura, pH y el porcentaje de humedad del compost, especificándose la fecha, hora y detalles que se registraron en el día según lo manifestado en cada muestra.

3.5 Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Los datos recolectados mediante la ficha de control y evaluación; así como los datos obtenidos en el análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos del compost base y compost mejorado se procesaron empleando la estadística descriptiva, se procedió a elaborar las tablas y gráficos en el programa Microsoft Excel haciendo el uso de tablas y figuras para expresar la distribución de frecuencias y porcentajes. Se prosiguió con el uso del software estadístico IBM SPSS Statistics v.25 para la determinación de la estadística inferencial con el objetivo de contrastar las hipótesis mediante el uso de la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, por tener una muestra menor a 30, y la utilización de la prueba no paramétrica U de Mann – Whitney para muestras independientes con la finalidad de verificar la existencia de relación entre las variables.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1 Calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos

Para determinar la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost en la Granja Montefino se tuvo que controlar y evaluar el comportamiento de la temperatura, humedad y pH, durante el proceso de compostaje en ambos tratamientos, compostaje mejorado y compostaje base. A continuación, se analiza el comportamiento de cada uno de estos.

4.1.1.1 Temperatura

Una vez conformado las pilas de compostaje, se realizó el seguimiento de la evolución de la temperatura en los dos tratamientos realizados, Compostaje Mejorado (P) y Compostaje Base (PB); se basó en el control de este parámetro en tres puntos de la pila de compost, lugar donde fue colocado el termómetro a 40 cm de profundidad de la superficie de la pila y una vez por día y los resultados obtenidos se detallan en la Figura 8.

A lo largo del proceso de compostaje, se observó que los dos tratamientos tuvieron un incremento brusco de temperatura durante los primeros once días de instaladas las pilas de compostaje, este comportamiento es considerado normal tal como lo señalan Román, Martínez y Pantoja (10). Se observó que el tratamiento Compostaje Mejorado (P) alcanzó su máxima temperatura el día 11, llegando a 60.11 °C, siendo el máximo alcanzado entre los dos tratamientos. Al respecto Fischer (53), menciona que durante la Fase Termófila la temperatura sube por encima de 40°C, favoreciendo principalmente a los actinomicetes y bacterias termófilas, esta fase es muy importante, ya que ahí se produce la mayor degradación. Asimismo,

se observa que en el día 15 la temperatura desciende a 39.89 °C, debido a la disminución de la intensidad de descomposición de la materia orgánica, que se encontraría estabilizada o se habría agotado el oxígeno, por lo que, se realizó el volteo. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termófila (10). También se logró observar que después de realizado el volteo y adicionado los microorganismos eficientes (EM), para el día 17 la temperatura incremento a 44.78 °C, llegando a 46.22 en el día 19, para luego bajar nuevamente a 37.78°C y subir hasta 47 °C, manteniendo este ritmo en toda la fase termófila que duró 28 días. En la fase mesófila II, la temperatura máxima alcanzada fue de 39.89 °C y la mínima fue de 25.0°C, esta fase tuvo una duración de 27 días. Mientras que la fase de maduración tuvo un periodo de 24 días, periodo en el que se dio por concluido el proceso de compostaje del tratamiento Compostaje Mejorado (P), cuando la temperatura de la pila alcanzó 21.11 °C, en el día 94, siendo esta la temperatura ambiente promedio del invernadero de compost.

En el tratamiento Compostaje Base (PB), al igual que el tratamiento Compostaje Mejorado (P), la temperatura alcanza el nivel más alto en el día 11, llegando a medir 51.11 °C, que corresponde a la fase termófila, concluyendo esta fase hasta el día 35, donde la temperatura desciende a 35.78 °C, y dando inicio a la fase mesófila II, los días 37 y 38, en el cual se observó un incremento ligero de la temperatura (37.89 °C), debido posiblemente al volteo realizado el día 35, esta fase duró hasta día 65, con una temperatura de 25.67 °C. Agotadas las fuentes de carbono en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura sufre un incremento ligero; continuando con la degradación de polímeros como la celulosa (10).

A comparación del tratamiento Compostaje Mejorado (P), en el tratamiento Compostaje Base (PB), la fase de maduración demoró mayor tiempo, siendo 50 días, el cual inicia el día 66, y en el día 70 llega a una temperatura de 28.33 °C, culminando esta fase el día 120 con una temperatura de 21.22°C. Es un periodo que por lo general demora muchos meses, periodo durante el cual se produce reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (10).

Finalmente se dio por concluido el proceso de compostaje en ambas pruebas cuando las temperaturas de las pilas alcanzaron temperaturas de 21.11 °C para el tratamiento Compostaje Mejorado (P) y 21.22 °C para el tratamiento de Compostaje Base (PB).

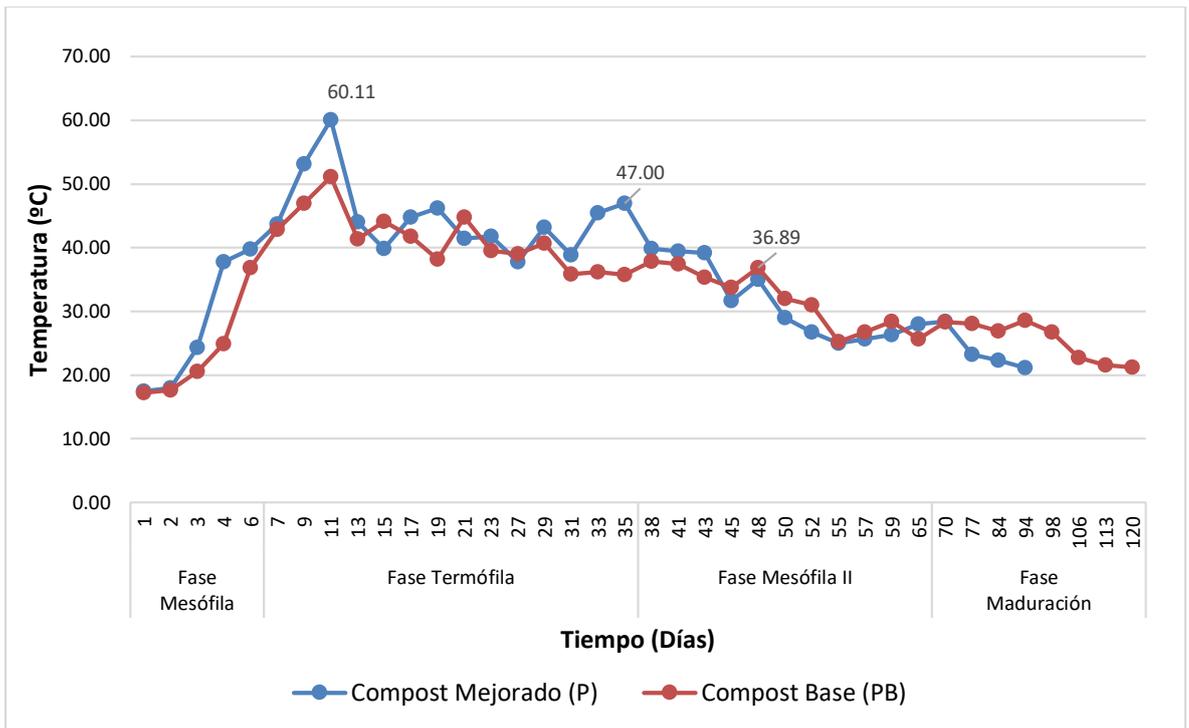


Figura 8. Comportamiento de la temperatura promedio durante el proceso de compostaje

4.1.1.2 Análisis del pH

Para este parámetro se presenta la curva de evolución del potencial de hidrógeno (pH) durante el proceso de compostaje en los dos tipos de tratamientos realizados en este trabajo de investigación, empleándose los datos recolectados en las fichas de registro de control y evaluación, registradas en las diferentes fechas desde el primer día hasta el día 94 en el caso del Compost Mejorado (P) y hasta el día 120 en el caso del Compost Base (PB).

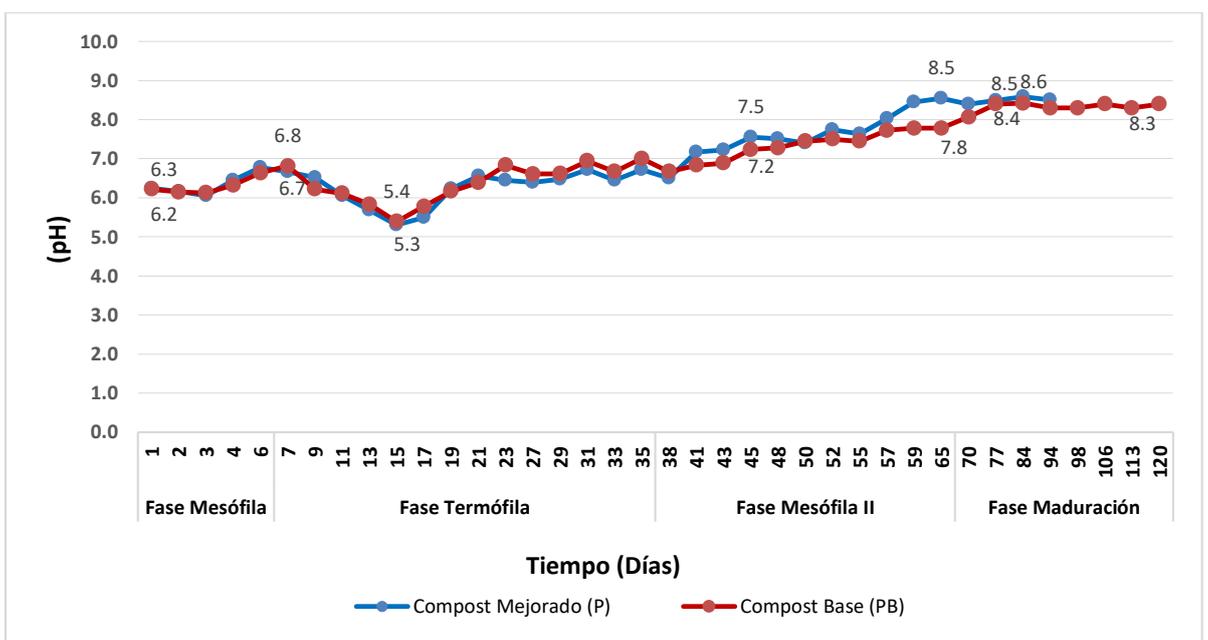


Figura 9. Variación de pH en el proceso de compostaje

En la Figura 9, podemos evidenciar que el pH en el Compost Mejorado (P), en la fase mesófila se encuentra levemente ácido situándose entre los rangos de 6.1 a 6.8, luego en la fase termófila disminuye hasta un valor de 5.3 y luego va aumentando, posteriormente en la fase mesófila II va incrementándose hasta alcanzar un valor de 8.5, finalmente en la fase de maduración los valores del pH se estabilizan con rangos de 8.5 a 8.6, lo cual indica que el pH se encuentra levemente alcalino hasta el día de la cosecha.

Para el Compost Base (PB), en la fase mesófila el pH se encuentra ligeramente ácido, situándose con valores entre los rangos de 6.1 a 6.8, en la fase termófila va disminuyendo según el transcurso del tiempo hasta alcanzar un valor de 5.4, y empieza a incrementarse para luego en la fase mesófila II alcanzar un valor de 7.8, y finalmente en la fase maduración se estabilizó con valores de rango 8.3 a 8.4, manteniendo un pH ligeramente alcalino hasta el día de la cosecha.

Asimismo, cabe mencionar que los dos tratamientos realizados muestran variaciones de pH entre los rangos con valores de 5.3 hasta 8.5, los cuales indican un apropiado control de la aireación, esto a su vez, ayudó a la multiplicación de las bacterias de los microorganismos eficientes (EM), los cuales se agregaron con el propósito de acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, como lo mencionan Tanya y Leiva (38).

El rango ideal para el crecimiento y proliferación de microorganismos se realiza con pH de 6.0 a 7.5, en tanto que la mayor labor fúngica se genera con pH de 5.5 a 8.0 (10). De la misma manera, según la Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (30) un pH comprendido entre 6,5-7,5 o cercano al neutro, la cual puede ser ligeramente ácido o ligeramente alcalino, garantiza el desarrollo adecuado de gran parte de microorganismos, pero valores de pH menores a 5,5 (ácidos) y valores superiores a 8 (alcalinos) impiden el crecimiento de una gran mayoría de los microorganismos. Sin embargo, de acuerdo con Cervantes et al. (54) el rango ideal de pH para las bacterias comprende de 6.0 a 8.5 y sólo un pequeño número prefieren un pH de 8.5 o mayor, y los hongos pueden multiplicarse en contextos con pH de hasta 8.5, pero la mayor parte de ellos optan por un pH ácido.

4.1.1.3 Humedad

El contenido de humedad es considerado como el tercer factor para el éxito del compostaje, debiéndose incorporar suficiente agua para favorecer la solubilización de los materiales y la actividad microbiana (55). Este parámetro fue controlado en ambos tratamientos, tomando en cuenta los puntos de evaluación de la temperatura y pH, siendo evaluado con un medidor de humedad digital que categoriza dicha medida en cinco niveles, asimismo, se contrastó este proceso con el método de la prueba del puño. Los datos fueron recuperados en una profundidad

media y conforme se requería durante el control de cada pila se incorporó agua sin cloro; para de esta manera estabilizar la humedad en todo el proceso.

De acuerdo al procedimiento secuencial que corresponde a las fases del desarrollo del compostaje evidenciamos una humedad relativamente uniforme; esta a su vez estuvo relacionada a la frecuencia de volteo que la FAO (10) sugiere, además, influyen también las condiciones climáticas y su reacción frente a su disposición en el invernadero. El compost estuvo sujeto a temperaturas promedio durante los meses de enero y febrero donde el contenido de humedad fue relativamente uniforme a pesar de una frecuencia de volteo de cada siete días y las lluvias continuas. La variación de temperatura durante el mes de marzo y abril se incrementó teniendo en su mayoría días soleados proporcionales a concentraciones de calor en el invernadero provocando la evapotranspiración de las pilas de manera que el registro obtenido abarca los rangos de 2, 3 y 4; seco, normal y húmedo respectivamente.

En relación a los datos obtenidos se registró que en la fase mesófila tanto el compost mejorado (P) como el compost base (PB) presentan una variación mínima oscilando la humedad promedio entre 4.18 y 3.98 respectivamente, cuyos resultados según las cinco categorías utilizadas se encuentran entre normal y húmedo es decir porcentualmente entre el 40% y 55%. Además, en esta fase en el día 3 el compost mejorado (P) alcanza la humedad máxima con 4.67 de igual manera el compost base (PB) conserva un promedio de 4.33 encontrándose ambos en el nivel húmedo. Esta reacción es proporcional a los desechos orgánicos frescos prontamente distribuidos en capas, ya que los materiales fibrosos y finos retienen mayor humedad (56); procurando establecer su porcentaje idóneo a partir del volteo ejecutado.

Asimismo, en la fase termófila se registró un promedio de 3.82 para el compost mejorado (P) y 3.57 para el compost base (PB) relacionado básicamente al 37% - 40% de humedad. Además, detallamos una variación significativa del día 23 hasta el día 35, correspondiendo a los últimos días de esta fase, es en este periodo de evaluación donde se registró la humedad más mínima de todo el proceso con 2.33 de nivel seco, requiriéndose la inclusión de agua sin cloro en proporciones necesarias. Según Bueno et al. (57) para que permita la circulación tanto del oxígeno, como la de otros gases producidos en la reacción.

En la fase mesófila II o de enfriamiento; el compost mejorado establece rangos uniformes hasta el día 52 encontrándose una diferenciación representativa desde el día 55 hasta el día 65; sin embargo, respecto al compost base los datos recuperados muestran una variación durante toda la fase, el rango promedio para esta fase es de 3.67 para el compost mejorado y 3.21 de humedad en el compost base estando sujeto al 40% y 35% respectivamente.

Finalmente, se muestra una variación mínima con cierta regularidad en lo que vendría a ser la fase de maduración, teniéndose un promedio de 3.20 y 3.39 equivalente a la categoría normal

y porcentualmente al 30% y 35%. Para el compost base la fase de maduración se proyecta al día 120 denotando una humedad estable.

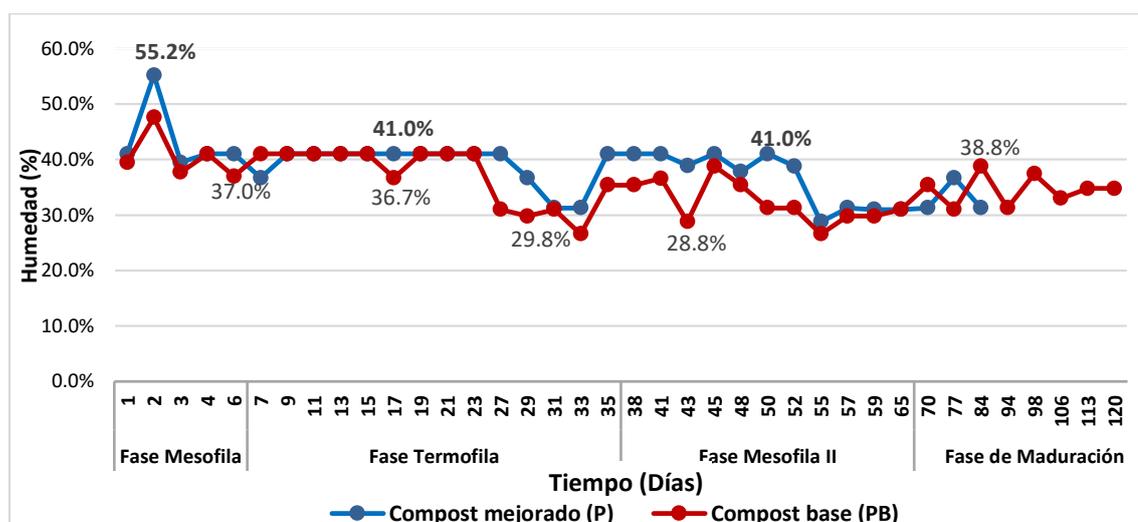


Figura 10. Variación de la humedad durante el proceso de compostaje.

Se pudo percibir como los porcentajes de humedad disminuyen relativamente conforme avanzan a cada fase, siendo una reacción propia a los procesos característicos de evolución entre fases, de manera que los resultados obtenidos se aproximan a lo detallado por Cordova (58) quien especifica que el rango ideal al comienzo del proceso de compostaje es de 50% al 60%; mientras que en la fase termófila, se debe mantener un rango de humedad de entre el 45% al 55% y el rango ideal de humedad, en el compost maduro debería estar entre un 30% y 40%. Asimismo, teniendo en consideración a los datos obtenidos por el laboratorio se pone en evidencia las diferencias entre los niveles de humedad del compost mejorado y compost base, notándose una regularidad en las tres pilas del compost mejorado cuyo promedio es 45.9% y el compost base con un porcentaje relativamente heterogéneo cuyo promedio es de 45.3%. Ambos resultados se encuentran dentro de los márgenes idóneos para el compostaje; especificados por la norma técnica chilena de 30-45% (29) y la organización mundial de la salud con un rango que oscila entre 30-50% (30).

4.1.2 Propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos

Para determinar la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas, se analizaron los principales parámetros que establece la OMS, la NOCh y NTC.

Tabla 29. Resultados del análisis de calidad del compost para los tratamientos

Tratamiento	Humedad (%)	pH	C.E (mS/cm)	M.O (%)	N-total (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Relación C/N
Compostaje Mejorado (P)	45.86	9.20	17.16	56.16	2.50	2.51	0.51	3.57	1.73	19.033
Compostaje Base (PB)	45.30	8.99	23.93	54.73	2.14	1.47	0.43	2.92	2.13	18.767

Nota: Resultados del análisis de laboratorio del compost mejorado y compost base. Tomado de UNSCH, 2022. (48)

4.1.2.1 Prueba de hipótesis

□ Hipótesis general

Ha: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Ho: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos no es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Prueba de normalidad

Nivel de confianza 95%

Nivel de significancia ($\alpha = 0.05 = 5\%$)

Tabla 30. Pruebas de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
%Carbono	,321	6	,052	,786	6	,044
%Nitrógeno	,279	6	,160	,792	6	,050
%P ₂ O ₅	,313	6	,067	,709	6	,008
%K ₂ O	,273	6	,184	,822	6	,091
%CaO	,312	6	,070	,720	6	,010
%MgO	,288	6	,131	,778	6	,037
%SO ₄	,283	6	,145	,791	6	,049

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación:

En la Tabla 30, se presenta los resultados de las pruebas de normalidad, según el estadístico de Shapiro-Wilk (para muestras menores a 30) con relación a la calidad del compost obtenido; los valores que se obtuvo para % carbono (P-valor $0,044 \leq \alpha$), % nitrógeno (P-valor $0,050 \leq \alpha$), % P_2O_5 (P-valor $0,008 \leq \alpha = 0,05$), % CaO (P-valor $0,010 \leq \alpha$) y para % MgO (P-valor $0,037 \leq \alpha$), en todos los casos son menores que $\alpha=0.05$, siendo evidencia suficiente para afirmar que los datos no presentan una distribución normal. Del mismo modo el % K_2O (P-valor $0,091 \geq \alpha$), es mayor que $\alpha=0.05$, entonces los datos presentan una distribución normal. Por consiguiente, para la comprobación de la hipótesis se utilizó el estadístico no paramétrico U de Mann – Whitney para muestras independientes.

Elección de la prueba estadística no paramétrica: U de Mann – Whitney

Tabla 31. Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.

	%Carbono	%Nitrógeno	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Z	-1,964	-1,993	-1,964	-1,993	-1,964	-1,964	-1,964
Sig. Asintótica (bilateral)	,050	,046	,050	,046	,050	,050	,050
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b

a. Variable de agrupación: Compost

b. No corregido para empates.

Interpretación:

En la Tabla 31, se puede visualizar los resultados luego de hacer uso del estadístico no paramétrico U de Mann – Whitney, obteniéndose un P-valor (Sig. asintótica(bilateral)) para él % carbono ($p=0,050 \leq \alpha$), % nitrógeno ($p=0,046 \leq \alpha$), % P_2O_5 ($p=0,050 \leq \alpha$), % K_2O ($p=0,046 \leq \alpha$), % CaO ($p=0,050 \leq \alpha$), % MgO($p=0,050 \leq \alpha$), y % SO_4 ($p=0,050 \leq \alpha$), siendo en todos los casos menores al error permitido de $\alpha = 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis del investigador o alterna (H_a). Por consiguiente, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la influencia del compostaje mejorado en la calidad del

compost obtenido a partir de residuos orgánicos es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

❑ Hipótesis específica 1

Ha1: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Ho1: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Prueba de normalidad

Nivel de confianza 95%

Nivel de significancia ($\alpha = 0.05 = 5\%$)

Tabla 32. *Pruebas de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.*

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% Humedad	,281	6	,151	,832	6	,112
pH	,278	6	,164	,791	6	,048
CE	,306	6	,083	,781	6	,039

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación:

En la Tabla 32, se muestran los resultados de las pruebas de normalidad según el estadístico de Shapiro-Wilk (para muestras menores a 30), con respecto a las propiedades fisicoquímicas del compost, obteniéndose un % de humedad (P-valor $0.112 \leq \alpha$), en cuyo caso es mayor que $\alpha=0.05$, por lo cual tiene una distribución normal. Sin embargo, el pH (P-valor $0.048 \leq \alpha$) y la C.E (P-valor $0.039 \leq \alpha$), siendo en ambos casos inferiores al error permitido de $\alpha=0.05$, por lo cual no presentan una distribución normal. Por consiguiente, para la contratación de la hipótesis de investigación se hizo uso del estadístico no paramétrico U de Mann – Whitney para muestras independientes.

Elección de la prueba estadística no paramétrica: U de Mann – Whitney

Tabla 33. Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

	%Humedad	pH	CE
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	6,000	6,000	6,000
Z	-1,993	-1,993	-1,964
Sig. asintótica(bilateral)	,046	,046	,050
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b	,100 ^b	,100 ^b

a. Variable de agrupación: Compost

b. No corregido para empates.

Interpretación:

En la Tabla 33, se presenta los resultados de la prueba no paramétrica U de Mann – Whitney, obteniéndose un P-valor (Sig. asintótica(bilateral)) para % humedad (P-valor= $0,046 \leq \alpha$), el pH (P-valor= $0,046 \leq \alpha$) y para CE (P-valor= $0,050 \leq \alpha$), siendo en todas las situaciones, menores que el error permitido de $\alpha = 0,05$, por consiguiente, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

4.1.3 Tiempo de obtención del compost, para los tratamientos

Para determinar la influencia del compostaje mejorado en tiempo de producción de compost, se analizaron los tiempos de producción de compost a los dos tratamientos, compostaje mejorado y compostaje base.

Tabla 34: Resultados del tiempo de producción de compost en los dos tratamientos

Descripción	N.º de días	TRATAMIENTO					
		Compostaje Mejorado (P)			Compostaje Base (PB)		
		P1	P2	P3	PB1	PB2	PB3
Tiempo de producción de compost	días	93	94	94	119	120	120
Promedio		93.6 = 94 días			119.6 = 120 días		

❑ Hipótesis específica 2

Ha2: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Ho2: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021.

Prueba de normalidad

Nivel de confianza 95%

Nivel de significancia ($\alpha = 0.05 = 5\%$)

Tabla 35. *Prueba de normalidad de la influencia del compostaje mejorado en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo	0,307	6	0,081	0,708	6	0,007

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación:

En la Tabla 35, se presenta los resultados de la prueba de normalidad, según el estadístico de Shapiro-Wilk (para muestras menores a 30), respecto al tiempo de producción del compost, obteniéndose un P-valor de 0,007, siendo inferior al error permitido de $\alpha=0.05$, por ello los datos no siguen una distribución normal. Por consiguiente, para la comprobación de la hipótesis se utilizó el estadístico no paramétrico U de Mann – Whitney para muestras independientes.

Elección de la prueba estadística no paramétrica: U de Mann - Whitney

Tabla 36. *Prueba no paramétrica U de Mann – Whitney de la influencia del compostaje en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho, 2021*

	Tiempo de producción
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	6,000
Z	-2,023
Sig. asintótica(bilateral)	,043
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b

a. Variable de agrupación: Compost

b. No corregido para empates.

En la Tabla 36, se muestra los resultados del estadístico no paramétrico U de Mann–Whitney, obteniéndose un P-valor (Sig. asintótica(bilateral)) de 0,043, siendo este valor menor que el error permitido de $\alpha = 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a). Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachocmayo – Ayacucho, 2021.

4.2 Discusión de resultados

En esta sección se presenta la discusión de los resultados obtenidos, comenzando por los resultados del análisis fisicoquímico realizados al compost base y compost mejorado en el laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ambos terminados la fase de maduración. Se contrastaron los resultados con Normas de calidad del compost (FAO, Nch 2880, NTC 5167 y OMS), y con los resultados de otros trabajos de investigación, los cuales sirvieron de cimiento para la elaboración del presente trabajo de tesis.

Tabla 37. Resultados del análisis de calidad del compost

Parámetros	Tratamiento		OMS	FAO (2013)	NTC 5167(2004)	NTCh 2880 (2004)	
	P	PB				Clase A	Clase B
Humedad (%)	45.87	45.30	30-50%	45-60%	20-35%	30 - 45%	
pH	9.21*	8.99	6 - 9	4.5 – 8.5	4 - 9	5,0 - 8,5	
C.E (dS/cm)	1.72	2.39	--	--	--	< 3	≤ 8
% M. O	56.17	54.73	25-50%	>20%	Min15%	≥ 20%	
%N-total	2.50	2.14	0.4-3.5%	~1%	>1%	≥ 0.5%	
%P ₂ O ₅	2.52	1.48	0.3-1.8%	--	>1%	--	--
%K ₂ O	0.52	0.43	--	--	>1%	--	--
%CaO	3.57	2.92	--	--	--	--	--
%MgO	1.74	2.13	--	--	--	--	--
Relación C/N	19.03	18.77	--	15:1–35:1	< 20	≤ 25	≤ 30
Calidad del compost							

Nota: P Compost mejorado, PB Compost base, -- valor no especificado, * nivel fuera de los límites de las normativas

El trabajo de tesis realizado por Maldonado (18) sobre la elaboración del compost al aire libre con aplicación de microorganismos eficientes naturales y comerciales; en su tratamiento (T2) empleó residuos orgánicos y microorganismos eficientes comerciales tuvo como resultado de sus parámetros: 0.3260 % de nitrógeno total, 14.637 % relación C/N, 0.0382 % de fósforo (P₂O₅), 0.4337 % de potasio (K₂O) y empleó un tiempo de 28 días de maduración del compost. En tanto que en el presente trabajo los resultados para el compost mejorado (P), se utilizaron

residuos orgánicos y microorganismos eficientes, y fueron los siguientes: nitrógeno total 2.50%, relación C/N 19.03, fósforo (P_2O_5) 2.52%, potasio (K_2O) 0.52% y usaron un tiempo de 94 días. En ambos casos se evidenciaron valores dentro de los límites permitidos por las normas de calidad para el compost o abonos orgánicos.

Del mismo modo Pillco (19) realizó un trabajo de investigación del proceso de compostaje con residuos orgánicos y aplicó microorganismos eficaces; quien en su tratamiento (T3) combinó residuos orgánicos domésticos al 40%, estiércol de ovino al 30%, tallos de cañihua al 30% y 200 ml de EM; obtuvo como resultado 7.6 de pH, temperatura promedio de 25.78°C y empleó un periodo de descomposición de 75 días; mientras que el presente trabajo con el tratamiento compost mejorado (P) se mezcló 72% estiércol de vacuno + 4% paja de Avena + 24% residuos de cosecha y 450ml de EM; el cual tuvo como resultado una temperatura promedio de 35.46°C, pH de 9.21, resultando ser alcalino en la presente investigación y poniendo en evidencia un tiempo más prolongado para su descomposición de 94 días.

Por su parte Castillo (20) elaboró compost a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficientes (EM), en el cual para su tratamiento (T2) utilizó residuos de mercado + restos de cosecha+ estiércol de ovino + estiércol de vacuno + una dosis de 1000ml de microorganismos eficaces(EM), constituyó una pila de 24kg y alcanzó resultados de humedad 31.63% , pH 6.97, conductividad eléctrica 3.43 dS/cm, contenido de materia orgánica 28.85%, nitrógeno total 0.98%, fósforo 1.27%, potasio 0.46%, calcio 7.39%, magnesio 1.01%, cobre 23ppm, relación C/N 17.08, cromo 22.75 y plomo 50.65ppm, se hallan dentro de los estándares de calidad de compost, de acuerdo con la Norma Nch 2880, NTC 5167, FAO y OMS. En tanto que el presente trabajo de investigación, para su tratamiento de compost mejorado (P), se desarrolló con mezcla de estiércol de vacuno + paja de Avena + residuos de cosecha y una dosis de 450 ml de (EM), formando pilas de 500kg y se obtuvo como resultado una humedad de 45.87%, pH 9.21, conductividad eléctrica 1.72 dS/cm, materia orgánica 56.17%, nitrógeno total 2.5%, fósforo 2.52%, potasio 0.52%, calcio 3.57, %magnesio 1.74%, sulfato(SO_4) 0.50% y relación C/N 19.03%; siendo los resultados del pH, humedad, nitrógeno total y materia orgánica superiores en la presente investigación.

Los resultados del análisis fisicoquímico de humedad 45.87%, pH 9.21, materia orgánica 56.17% y tiempo de obtención de 94 días para el tratamiento (P) de la presente investigación son similares a los encontrados por Miraval (22), en su trabajo de investigación sobre elaboración de compost en el cual empleó materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, quien reportó un compost final con pH 8.3, humedad 58.9% , materia orgánica 44.58% y empleó 92 días hasta completar el proceso, en su tratamiento (T1), utilizó estiércol de vacuno + residuos orgánicos de cocina + microorganismos eficientes (EM).

El compost mejorado presenta un pH mayor cuyo promedio es 9.21, superando los intervalos recomendados por la FAO (10) y la OMS (30), ante ello Ruiz (59) indica que generalmente cuando el estiércol madura tiende a cambiar su pH, subiendo de 6.5 hasta 9.5 o 10.0 según el contenido de sales de Na Ca y K; además es proporcional al consumo de sal, puesto que en la mayoría de los casos las premezclas minerales contienen sal común (cloruro de sodio) esto produce excrementos muy cargados de sodio y de mala calidad. Los resultados de la tesis elaborado por Miraval (22) y Mancha (60) manifiestan un contexto con el potencial de hidrógeno elevado teniendo promedios máximos de 8.6 y 9.5 propios del uso de estiércol de vacuno.

CONCLUSIONES

1. El compostaje mejorado influyó en la calidad del compost, cuando se realizó volteo de pilas semanalmente y se aplicó microorganismos eficientes; por lo que se mejoró las propiedades fisicoquímicas, y se observó que:
 - 1.1. Las propiedades fisicoquímicas del compost mejorado, están dentro de los estándares de calidad de compost, reportados por la FAO, NTC- 5167 y NOCh 2880.
 - 1.2. Se produjo un compost mejorado con óptimo contenido de humedad encontrándose dentro de los rangos de calidad especificados por la FAO y la OMS; cuyos promedios oscilan entre 45.9%.
 - 1.3. El resultado de la conductividad eléctrica es de 1.72 (dS/cm), para el compost mejorado, ubicándose dentro de los rangos idóneos de calidad propuestos por la norma Técnica Chilena siendo para la clase A < 3.
 - 1.4. El potencial de hidrógeno registra una variación poco significativa en las tres repeticiones realizadas para el compost mejorado cuyo promedio es de 9.21 encontrándose fuera de los límites de calidad establecidas por la normatividad, pero cabe recalcar que estos resultados son recurrentes al emplear estiércol fresco de vacuno ya que conserva un alto contenido de amoníaco resultando un pH alcalino.
 - 1.5. La materia orgánica conserva un resultado óptimo de 56.17% y 54.73% correspondiente al compost base y compost mejorado respectivamente, posicionándose dentro de los rangos establecidos por la FAO y la Norma técnica chilena.
 - 1.6. El contenido de nitrógeno total, para el compost del tratamiento compostaje mejorado (P), muestra un valor promedio de 2.50%, mientras que para el compost base reportó un valor promedio de 2.14%; estableciéndose entre lo recomendado por la OMS, FAO, NTC y NTCH.
 - 1.7. El valor promedio de P_2O_5 para el compost mejorado es de 2.52% y 1.48% para el compost base, resultando dichos valores en el rango establecido en la NTC.
 - 1.8. El contenido de K_2O , para el compost mejorado, muestra un valor promedio de 0.52%, mientras que para el compost base su valor promedio es de 0.43%, en ambos casos los valores se encuentran por debajo de los valores establecidos por NTC 5167.
 - 1.9. El análisis de calcio presenta una concentración promedio de 3.57% y 2.92%, compost mejorado y compost base respectivamente; además, el % de MgO reporta valores promedios de 1.74% y 2.13%; estos dos parámetros no presentan valores, ni rangos de calidad en ninguna de las normas de comparación.

- 1.10. La relación C/N oscila entre 18.80/1 y 19.40/1, para el compost mejorado; mientras que para el compost base los valores de la relación C/N oscila entre 18.70 y 18.90, los valores de ambos tratamientos se mantienen dentro de los márgenes de calidad sugerido por la FAO, NTC y NTCH dentro de la clase A.
 - 1.11. La aplicación de EM-Compost nos permitió obtener un producto mucho más degradado y en menor tiempo.
2. El compostaje mejorado influyó en el tiempo de producción del compost, obteniéndose el compost mejorado en 94 días y el compost base en 120 días. La proporcionalidad de los componentes incluidos en el compost influyó en la calidad y tiempo de cosecha de los mismos, determinándose que el clima es un factor importante para su eficacia a pesar de poder prepararlo en cualquier mes del año tiene un mejor manejo durante los meses sin lluvia.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda efectuar el análisis de C/N antes de proceder con las inclusiones de componentes, de modo que se mantenga un promedio dosificado y estable de los nutrientes, asimismo, se sugiere realizar un volteo o mezcla minucioso al inicio de la colocación de los componentes del compost, con ello acondicionará de manera global las texturas y la humedad permitiéndose un control real para el desarrollo de las fases de compostaje.
- Implementar convenios operativos para la ejecución de este tipo de trabajos ya sea a gran o mediana escala en la granja Montefino en favor a mantener un ambiente eco saludable.
- Proyectar a futuro el tratamiento de los residuos orgánicos con un sentido de valorización mediante la economía circular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANCO MUNDIAL. Grupo Banco Mundial. [En línea] 20 de setiembre de 2018. [Citado el: 27 de febrero de 2022.] <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.
2. SABINO, A., SOLÓRZANO, G. y QUISPE, A. *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*. Panama : ONU Medio Ambiente, 2018. ISBN No 978-92-807-3715-8.
3. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. Lima : Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, 2016.
4. MINISTERIO DEL AMBIENTE . *Agenda Nacional de Acción Ambiental al 2021 - Agenda Ambiental al Bicentenario*. Lima : MINAM, 2019.
5. ANDINA AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS. MINAM: valorización de residuos sólidos es un avance en la economía circular. 27 de Abril de 2020.
6. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. Fiscalización en materia de residuos sólidos. [En línea] julio de 2021. [Citado el: 13 de abril de 2022.] <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dgrs/p%C3%A1gina-principal>.
7. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2020*. Lima : INEI, 2020.
8. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Reporte Estadístico Departamental, Diciembre 2021*. Lima : SINIA, 2021.
9. MACARTHUR, E. Hacia una Economía Circular: Oportunidades para el Sector de Bienes de Consumo. [En línea] 2014. https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf.
10. ROMAN, P., MARTINEZ, M. y PANTOJA, A. *Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencia en América Latina*. Santiago de Chile : FAO, 2013. ISBN 978-92-5-307844-8.
11. NARANJO, E. *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis (Título de Ingeniero Agronomo)*. Facultad de ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato : s.n., 2013. pág. 75.
12. CORTÉS, S. *Aprovechamiento de subproductos de la industria panelera en la elaboración de compost, utilizando microorganismos eficientes (EM). Tesis (Título de Ingeniero Ambiental)*. Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga : s.n., 2008. pág. 82.
13. ACUÑA, D. Ministerio del Medio Ambiente. *Compost: el abono natural que reduce la erosión del suelo y combate el cambio climático*. [En línea] 17 de Noviembre de 2021. [Citado el: 21 de Marzo de 2022.] <https://mma.gob.cl/compost-el-abono-natural-que-reduce-la-erosion-del-suelo-y-combate-el-cambio-climatico/>.
14. HUAYLLANI, K. *Influencia de microorganismos eficaces (EM - Compost) en la producción de compost de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales, Concepción, 2016. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental)*. Universidad Continental. Huancayo : s.n., 2017. pág. 82.

15. SOLIVA, M. y LÓPEZ, M. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. *RuralCat*. [En línea] Noviembre de 2004. [Citado el: 12 de mayo de 2022.] https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost_+influen+ia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68.
16. ALVAREZ, M., y otros. *Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos*. Trujillo : s.n., 2019. págs. 353-361.
17. *Quality evaluation of Chemically-enriched Compost, Vermicompost and conventional Compost*. Hussain, Syed Shujat., y otros. 1, India : s.n., Enero-Abril de 2017, Asian J. Soil Sci., Vol. 12, págs. 66-70. ISSN: 0976-7231.
18. MALDONADO, J. *Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental)*. [En línea] [ed.] Universidad Católica Sedes Sapientiae. Rioja, Perú : s.n., 2020.
19. PILLCO, K. *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces. Tesis (Título de Licenciada en Biología)*. [En línea] [ed.] Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2020.
20. CASTILLO, L. *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficientes (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental)*. Facultad de Ingeniería, Universidad Continental. Huancayo : s.n., 2019. pág. 107.
21. HUAMANI, P. *Evaluación de la calidad de compost a base de residuos orgánicos provenientes de la poda de áreas verdes y mercados del distrito de San Borja. Trabajo de suficiencia (Título de Ingeniero Ambiental)*. Facultad de ingeniería y gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Villa El Salvador : s.n., 2019. pág. 94.
22. MIRAVAL, A. *Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica Lindero, Tomayquichua, Ambo, Huánuco, diciembre 2018 – marzo 2019. Tesis (Título de Ingeniera Agrónoma)*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Huánuco. Huánuco : s.n., 2019. pág. 155.
23. LUDEÑA, M. *Efecto de los microorganismos eficaces en la descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Gálvez. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental)*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2019. pág. 64.
24. CONSTITUCIÓN POLITICA DEL PERÚ. Art. 2, numeral 22. [ed.] Editora Perú. Lima-Perú : Diario Oficial El Peruano, 1993.
25. D.L N° 1278. *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima, Perú : Diario Oficial El Peruano, 23 de diciembre de 2016.
26. D.S N° 016-2012-AG. *Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario*. Lima, Perú : Diario Oficial El peruano, 14 de noviembre de 2012.
27. NTP 201.208:2021. *Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos*. Lima : INACAL, 2021.

28. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. *Productos para la Industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o Fertilizantes y enmiendas del suelo*. [ed.] ICONTEC. Colombia : s.n., 2004.
29. NORMA CHILENA OFICIAL. *Norma Chilena de calidad de compost NCh2880*. Santiago de Chile : Instituto Nacional de Normatización INN, 2004.
30. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos*. s.l. : Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Unidad de Desarrollo Municipal, 1999.
31. SILBERT, V., y otros. *Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño*. Cordova : Instituto nacional de tecnología industrial, 2018. ISBN 978-950-532-383-8.
32. GARRO, J. *El suelo y los abonos orgánicos*. s.l. : Editorial INTA, 2016. pág. 106. ISBN 978-9968-586-26-9.
33. BOHÓRQUEZ, W. *El proceso de compostaje*. 1. Bogota : Ediciones Unisalle, 2019. pág. 40. ISBN 978-958-5486-68-3.
34. ALVAREZ, J. *Compostaje de subproductos agroindustriales*. Andalucía, España : s.n., 2013.
35. ANSORENA, J., BATALLA, E. y MERINO, D. *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos*. España : Escuela Agraria de Fraisoro., 2014. 75 p..
36. BARRERA, R. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. Bellaterra : Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona., 2006.
37. COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL . *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. Montreal : CCA, 2017. pág. 52, Informe sintético. ISBN: 978-2-89700-232-9.
38. TANYA, M. y LEIVA, M. *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. s.l. : Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2019. ISSN: 2072-2001.
39. EM PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA S.A. *Guía de la Tecnología de EM*. San Juan de Tibás : s.n., 2011.
40. ESPALIAT, M. *Economía circular y sostenibilidad*. s.l. : Amazon.com, 2017. ISBN: 978-1548183769.
41. SALAZAR, T. *Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos*. Lima : Universidad Peruana Unión, 2014. págs. 74-84. ISSN: 2312-4253.
42. ALCOVERRO, T. Rincones del Atlántico. *Elaboración de una pila de compost con restos vegetales por el sistema tradicional*. [En línea] febrero de 2020. [Citado el: 18 de agosto de 2022.] http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/30_compost.html.
43. RECYTRANS. Recytrans Soluciones globales para el reciclaje. *Clasificación de los residuos*. [En línea] 02 de agosto de 2013. [Citado el: 25 de julio de 2022.] <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>.

44. LOPENSINO, J. Green Drinks. *Los residuos orgánicos domiciliarios sólidos y líquidos*. [En línea] 24 de noviembre de 2017. [Citado el: 14 de agosto de 2022.] <http://greendrinksca.org/los-residuos-organicos-domiciliarios-solidos-y-liquidos-ing-juan-lopensino/>.
45. IGLESIAS, L. *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Madrid : Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario, 1995. SBN: 84-341-0826-7.
46. MAYORAL, S. y REYES, D. Conogasi. [En línea] 14 de abril de 2018. [Citado el: 13 de junio de 2022.] <https://conogasi.org/articulos/que-son-los-microorganismos/>.
47. BERNAL, C. *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3. Bogota D.C : Pearson Educacion, 2016. ISBN: 978-958-699-309-8.
48. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA. *Resultados de laboratorio de Suelos y Análisis Foliar. Facultad de Ciencias Agrarias*. Ayacucho : s.n., 2022.
49. BAZAN, R. *Manual de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas*. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 1996.
50. TAM, J., VERA, G. y OLIVEROS, R. *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica*. Lima : Revista de la escuela de Postgrado de la universidad Ricardo Palma, 2008. 145-154.
51. HILARIO, P. *Criterios operativos para hacer la Tesis*. Ayacucho : s.n., 2000.
52. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. 6. Mexico D.F : McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A, 2014. pág. 600. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
53. FISCHER, D. y GLASER, B. *Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration*. Kumar : Ed. gestión de residuos orgánicos, 2012. ISBN: 978-953-307-925-7.
54. CERVANTES, J., ORIHUELA, R. y Otros, y. *Acerca del Desarrollo y Control de Microorganismos en la Fabricación de Papel*. s.l. : Instituto Tecnológico de Aguascalientes, 2017.
55. MELÉNDEZ, G. y SOTO, G. *Taller de abonos orgánicos*. Costa Rica : El proyecto NOS del CATIE/GTZ , el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos, 2003.
56. SZTERN, D. y PRAVIA, M. *Manual para la elaboración de Compost, bases conceptuales y procedimientos*. [En línea] Uruguay : Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organizacion Mundial de la Salud, 1999.
57. BUENO, P., DÍAZ, M. y CABRERA, F. *Factores que afectan al proceso de compostaje*. [En línea] Sevilla : Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Experimentales. Instituto de recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), 2008.
58. CORDOVA, L. *Propuesta de mejora del proceso de Compostaje de los residuos orgánicos, generados en la actividad minera, empleando microorganismos eficientes unidad minera del sur. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental)*. [En línea] Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa : s.n., 2016.

59. RUIZ, J. Compendio de lombricultura una alternativa para el Ecodesarrollo. [En línea] [Citado el: 08 de julio de 2022.] <https://es.scribd.com/doc/86489234/Caracterizacion-de-Los-Estiercoles-en-La-Lombricultura>.
60. MANCHA, M. *Elaboracion de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluacion de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán. Tesis (Titulo de Ingeniero Ambiental)*. Huancayo : Universidad Continental, Facultad de ingeniería, 2018.
61. BAENA, G. *Metodología de la investigación*. 3. s.l. : Grupo Editorial Patria, 2017. ISBN: 978-607-744-003-1.
62. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Manual de Compostaje del Agricultor : Experiencias en América Latina*. [ed.] Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile : FAO, 2013. SBN 978-92-5-307844-8.

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	MÉTODOLOGÍA
<p>GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo influye el compostaje mejorado en la calidad de compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021? 	<p>GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021. 	<p>GENERAL:</p> <p><u>Hipótesis alterna</u></p> <p>Ha: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p> <p><u>Hipótesis nula</u></p> <p>Ho: La influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos no es significativa y positiva en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p>	<p>VARIABLE 1:</p> <p>Compostaje mejorado</p> <p>TIPO:</p> <p>Independiente</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>Niveles de cada parámetro en el compost</p> <p>INDICADORES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de volteo. Aplicación de microorganismos eficientes Tiempo de producción del compost (meses) 	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>METODOLOGÍA GENERAL:</p> <p>Hipotético deductivo</p> <p>DISEÑO:</p> <p>Experimental</p> <p>TIPO DE DISEÑO</p> <p>Experimental ya que se manipula la variable independiente, para observar los efectos en la variable dependiente.</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>La población son los residuos sólidos orgánicos generados en la Granja Montefino</p> <p>MUESTRA:</p> <p>La muestra es 500 kg de residuos orgánicos seleccionados.</p>
<p>ESPECIFICOS:</p> <p>a. ¿Cómo influye en las propiedades fisicoquímicas del compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021?</p> <p>b. ¿Cómo influye el compostaje mejorado en el tiempo de producción de compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021?</p>	<p>ESPECIFICOS:</p> <p>a. Determinar la influencia del compostaje mejorado en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo–Ayacucho 2021.</p> <p>b. Determinar la influencia del compostaje mejorado en el tiempo de producción del compost a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo–Ayacucho 2021.</p>	<p>ESPECIFICOS:</p> <p>Ha: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p> <p>Ho: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en las propiedades fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p> <p>Ha: La influencia del compostaje mejorado es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p> <p>Ho: La influencia del compostaje mejorado no es significativa y positiva en el tiempo de producción del compost en la Granja Montefino, Llachoccmayo – Ayacucho 2021.</p>	<p>VARIABLE 2:</p> <p>Calidad del compost obtenido</p> <p>TIPO:</p> <p>Dependiente</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>INDICADORES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Características físico - químico (% Humedad, % M.O, pH, % N, % P, % K, %Ca, %Mg) 	

ANEXO 02

Registro de control de Temperatura (°C), durante el proceso de compostaje

VOLTEO	FECHA	DÍAS	TRATAMIENTO					
			Compostaje Mejorado (P)			Compostaje Base (PB)		
			P1	P2	P3	PB1	PB2	PB3
	19/01/2022	Día 1	17.33	17.33	17.67	17.33	17.67	16.67
	20/01/2022	Día 2	17.76	17.83	18.38	17.76	17.67	17.38
	21/01/2022	Día 3	20.33	23.17	29.50	19.00	21.00	21.67
	22/01/2022	Día 4	39.00	34.00	40.33	25.00	24.67	25.00
	24/01/2022	Día 6	39.00	40.00	40.33	37.67	35.33	37.67
1er Volteo	25/01/2022	Día 7	44.33	42.00	44.67	42.67	43.67	42.33
	27/01/2022	Día 9	46.00	48.67	64.67	49.67	44.33	47.00
	29/01/2022	Día 11	56.00	63.67	60.67	48.00	52.67	52.67
	31/01/2022	Día 13	42.67	44.67	44.67	42.67	40.33	41.00
2do Volteo	02/02/2022	Día 15	41.33	35.67	42.67	43.67	44.67	44.00
	04/02/2022	Día 17	44.67	44.33	45.33	41.33	39.33	44.67
	06/02/2022	Día 19	45.00	47.00	46.67	36.67	39.00	39.00
3er Volteo	08/02/2022	Día 21	41.00	41.33	42.00	43.67	45.67	45.00
	10/02/2022	Día 23	43.33	40.33	41.67	38.00	40.00	40.67
	14/02/2022	Día 27	38.00	37.00	38.33	39.33	38.33	39.33
4to Volteo	16/02/2022	Día 29	44.00	40.67	45.00	41.67	39.67	40.67
	18/02/2022	Día 31	43.00	40.00	33.67	37.67	35.33	34.67
	20/02/2022	Día 33	48.00	45.00	43.33	35.33	36.33	37.00
5to Volteo	22/02/2022	Día 35	47.00	49.33	44.67	35.00	34.00	38.33
	25/02/2022	Día 38	41.00	39.67	39.00	38.33	37.33	38.00
	28/02/2022	Día 41	40.33	39.33	38.67	38.33	36.67	37.33
6to Volteo	02/03/2022	Día 43	39.67	39.00	39.00	35.00	35.00	36.00
	04/03/2022	Día 45	28.00	35.00	32.00	35.33	32.67	33.33
	07/03/2022	Día 48	35.00	35.00	35.00	39.00	36.33	35.33
7mo Volteo	09/03/2022	Día 50	29.33	31.00	26.67	33.33	32.00	30.67
	11/03/2022	Día 52	26.33	29.00	25.00	33.00	32.00	28.00
	14/03/2022	Día 55	24.33	25.67	25.00	25.67	25.00	25.00
8vo Volteo	16/03/2022	Día 57	26.00	26.67	24.33	30.00	27.00	23.33
	18/03/2022	Día 59	26.00	27.67	25.33	31.00	28.33	26.00
	24/03/2022	Día 65	28.00	29.67	26.33	30.00	25.00	22.00
	29/03/2022	Día 70	27.67	29.67	28.00	26.00	27.33	31.67
	05/04/2022	Día 77	24.33	24.33	21.00	27.33	28.00	29.00
	12/04/2022	Día 84	22.67	22.00	22.33	29.00	25.00	26.67
COSECHA (P)	22/04/2022	Día 94	20.67	22.00	20.67	29.33	27.67	28.67
	26/04/2022	Día 98				23.00	29.00	28.33
	04/05/2022	Día 106				26.33	21.33	20.67
	11/05/2022	Día 113				22.67	21.33	20.67
COSECHA (PB)	18/05/2022	Día 120				20.33	22.00	21.33

ANEXO 03

Registro de control de pH, durante el proceso de compostaje

VOLTEO	FECHA	DÍAS	TRATAMIENTO					
			Compostaje Mejorado (P)			Compostaje Base (PB)		
			P1	P2	P3	PB1	PB2	PB3
	19/01/2022	1	6.25	6.11	6.39	6.32	6.33	6.00
	20/01/2022	2	6.23	6.33	5.93	6.33	6.12	5.98
	21/01/2022	3	6.00	6.33	5.83	6.17	6.20	6.00
	22/01/2022	4	6.67	6.33	6.33	6.83	6.00	6.13
	24/01/2022	6	6.83	6.63	6.87	6.43	6.66	6.82
1er Volteo	25/01/2022	7	6.63	6.68	6.65	6.78	6.83	6.75
	27/01/2022	9	6.40	6.67	6.34	6.33	6.15	6.21
	29/01/2022	11	5.97	6.10	6.17	6.14	6.12	6.07
	31/01/2022	13	6.07	5.57	5.42	5.79	5.75	5.82
2do Volteo	02/02/2022	15	5.22	5.69	4.98	5.43	5.36	5.40
	04/02/2022	17	5.33	5.43	5.67	5.79	5.77	5.75
	06/02/2022	19	6.27	6.20	6.23	6.17	6.33	6.15
3er Volteo	08/02/2022	21	6.57	6.50	6.69	6.33	6.33	6.60
	10/02/2022	23	6.13	6.67	6.33	6.82	6.75	6.77
	14/02/2022	27	6.50	6.52	6.17	6.63	6.55	6.50
4to Volteo	16/02/2022	29	6.33	6.53	6.57	6.57	6.63	6.65
	18/02/2022	31	6.63	6.60	6.73	6.83	6.93	6.87
	20/02/2022	33	6.33	6.57	6.45	6.60	6.74	6.65
5to Volteo	22/02/2022	35	6.67	6.77	6.63	6.95	7.00	7.10
	25/02/2022	38	5.67	5.33	5.50	6.65	6.69	6.71
	28/02/2022	41	7.27	7.17	7.23	6.85	6.83	6.77
6to Volteo	02/03/2022	43	7.25	7.23	7.18	6.90	6.85	6.87
	04/03/2022	45	7.50	7.57	7.57	7.15	7.21	7.17
	07/03/2022	48	7.37	7.33	7.83	7.37	7.33	7.33
7mo Volteo	09/03/2022	50	7.37	7.29	7.41	7.43	7.37	7.33
	11/03/2022	52	7.67	7.63	7.71	7.33	7.57	7.50
	14/03/2022	55	7.54	7.63	7.65	7.50	7.50	7.33
8vo Volteo	16/03/2022	57	8.00	7.98	7.93	7.67	7.67	7.63
	18/03/2022	59	8.31	8.43	8.53	7.83	7.77	7.83
	24/03/2022	65	8.45	8.53	8.65	7.83	7.79	7.74
	29/03/2022	70	8.43	8.35	8.42	7.93	8.17	8.10
	05/04/2022	77	8.49	8.53	8.50	8.41	8.43	8.23
	12/04/2022	84	8.60	8.55	8.64	8.36	8.47	8.43
COSECHA (P)	22/04/2022	94	8.46	8.50	8.48	8.27	8.37	8.33
	26/04/2022	98				8.29	8.33	8.35
	04/05/2022	106				8.37	8.45	8.40
	11/05/2022	113				8.27	8.30	8.33
COSECHA (PB)	18/05/2022	120				8.41	8.38	8.40

ANEXO 04

Registro de control de Humedad (%), durante el proceso de compostaje

VOLTEO	FECHA	DÍAS	TRATAMIENTO					
			Compostaje Mejorado (P)			Compostaje Base (PB)		
			P1	P2	P3	PB1	PB2	PB3
	19/01/2022	1	41	41	41	31	41	41
	20/01/2022	2	41	60	41	31	31	31
	21/01/2022	3	41	60	60	41	60	41
	22/01/2022	4	37.7	41	41	41	31	41
	24/01/2022	6	41	41	41	41	41	41
1er Volteo	25/01/2022	7	47.3	41	37.7	31	31	31
	27/01/2022	9	41	41	3	41	41	41
	29/01/2022	11	41	41	41	41	41	41
	31/01/2022	13	41	41	41	41	41	41
2do Volteo	02/02/2022	15	41	41	41	41	41	41
	04/02/2022	17	41	41	41	41	41	41
	06/02/2022	19	41	41	41	31	31	31
3er Volteo	08/02/2022	21	41	41	41	41	41	41
	10/02/2022	23	41	41	41	41	41	41
	14/02/2022	27	41	41	41	41	41	41
4to Volteo	16/02/2022	29	41	41	41	31	31	31
	18/02/2022	31	41	41	27.7	24.3	27.7	31
	20/02/2022	33	31	27.7	37.7	27.7	31	34.3
5to Volteo	22/02/2022	35	31	34.3	31	34.3	27.7	27.7
	25/02/2022	38	41	41	41	41	37.7	37.7
	28/02/2022	41	41	41	41	34.3	37.7	34.3
6to Volteo	02/03/2022	43	41	41	41	37.7	34.3	37.7
	04/03/2022	45	41	41	37.7	31	31	24.3
	07/03/2022	48	41	41	41	37.7	37.7	41
7mo Volteo	09/03/2022	50	37.7	41	37.7	34.3	37.7	34.3
	11/03/2022	52	41	41	41	34.3	27.7	34.3
	14/03/2022	55	41	37.7	37.7	31	34.3	31
8vo Volteo	16/03/2022	57	31	31	24.3	27.7	27.7	27.7
	18/03/2022	59	31	31	34.3	31	31	27.7
	24/03/2022	65	31	31	31	31	31	27.7
	29/03/2022	70	31	31	31	31	31	31
	05/04/2022	77	31	31	34.3	34.3	37.7	34.3
	12/04/2022	84	41	41	27.7	31	31	31
COSECHA (P)	22/04/2022	94	27.7	34.3	34.3	41	37.7	37.7
	26/04/2022	98				31	31	34.3
	04/05/2022	106				34.3	37.7	34.3
	11/05/2022	113				41	34.3	34.3
COSECHA (PB)	18/05/2022	120				37.7	41	37.7

ANEXO 05

Resultados del Análisis % Humedad, %MS y Relación C/N de los insumos a utilizar en el compostaje



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

"Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional"

Región : Ayacucho HR. 0002
Provincia : Huamanga
Distrito : Chiara
Comunidad : Llachoqmayo - Montefino
Proyecto : "Elaboración de Compost"
Solicitante : Srta. Edélisa Cutti Huamani
Muestra : 01: Estiércol maduro de vacuno
02: Rastrojos de Flores

ANALISIS FISICO – QUIMICO

Muestra	% Humedad	% M. S.	% C	% N	Relación C/N
01	65.4	34.6	41.2	1.9	21.6
02	36.4	63.6	53.3	1.3	41.0

Ayacucho, 27 de Enero del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE


Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

"Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional"

Región : Ayacucho HR. 0003
Provincia : Huamanga
Distrito : Chiara
Comunidad : Llachoqmayo - Montefino
Proyecto : "Elaboración de Compost"
Solicitante : Srta Karin L. Flores Rodriguez
Muestra : 01: Estiércol fresco de vacuno

ANALISIS FISICO – QUIMICO

Muestra	% Humedad	% M. S.	% C	% N	Relación C/N
01	74.8	25.2			

Ayacucho, 27 de Enero del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120

ANEXO 06

Resultados del Análisis Físicoquímico de compost final de los tratamientos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú
“Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Chiara
Comunidad : Llachoccmayo Granja Montefino
Proyecto : “Elaboración de Compost”
Solicitante : Ing. Edelisa Cutti Huamani
Muestra : Compost

HR. 0008

ANALISIS FISICO – QUIMICO

Muestra	Humedad (%)	pH	C.E (mS/cm)	% M.O	%C	%N-total	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄	Relación C/N
P1	45.80	9.23	17.20	56.20	32.60	2.50	2.50	0.52	3.57	1.72	0.48	18.90
P2	45.90	9.20	17.30	55.90	32.40	2.54	2.54	0.51	3.58	1.76	0.50	19.40
P3	45.90	9.19	17.00	56.40	32.50	2.46	2.51	0.52	3.56	1.73	0.53	18.80

Ayacucho, 04 de Mayo del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Chiara
Comunidad : Llachoccmayo Granja Montefino
Proyecto : “Elaboración de Compost”
Solicitante : Ing. Edelisa Cutti Huamani
Muestra : Compost

HR. 0006

ANALISIS FISICO – QUIMICO

Muestra	Humedad (%)	pH	C.E (mS/cm)	% M.O	%C	%N-total	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄ ⁻²	Relación C/N
PB1	44.90	9.01	22.70	54.20	31.30	2.13	1.48	0.43	2.90	2.10	0.23	18.70
PB2	45.70	8.98	24.40	54.90	31.20	2.17	1.49	0.45	2.91	2.17	0.19	18.90
PB3	45.30	8.98	24.70	55.10	32.30	2.13	1.46	0.42	2.95	2.13	0.21	18.70

Ayacucho, 27 de Mayo del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS:
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan By Giron Molina
C.I.P. 77120

ANEXO 09:**Registro del tiempo de obtención del compost, para los tratamientos**

Tiempo	N.º de días	TRATAMIENTO					
		Compostaje Mejorado (P)			Compostaje Base (PB)		
		P1	P2	P3	PB1	PB2	PB3
De producción del compost	días	93	94	94	119	120	120
Promedio		93.6 = 94 días			119.6 = 120 días		

**ANEXO 10:
PANEL FOTOGRÁFICO**

SELECCIÓN DE INSUMOS PARA EL COMPOSTAJE



Foto 1: Poda y desyemado de rosas en el invernadero de rosas, granja Montefino.



Foto 2: Yemas, hojas y tallos de rosas, generados producto de la actividad de poda y desyemado.



Foto 3: Limpieza en el invernadero de fresas, granja Montefino.



Foto 4: Residuos orgánicos generados, tallos y hojas de fresa.



Foto 5: Establo de vacuno, granja Montefino.



Foto 6: Estiércol y paja de avena extraído del establo de vacunos.

ACOPIO, PICADO Y PREPARACIÓN DEL ÁREA PARA LA INSTALACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOST



Foto 7: Acopio de Insumos para ser utilizados en el compostaje.



Foto 8: Picado de tallos y hojas de rosas y fresas.



Foto 9: Pesaje del estiércol para el compostaje.



Foto 10: Pesado de tallos - hojas de rosas y fresa.



Foto 11: Preparación del área para la instalación de las pilas de compost.



Foto 12: Instalación de las pilas de compost.

**INSTALACIÓN DE LAS PILAS; MEDICIÓN DE TEMPERATURA, PH Y %
HUMEDAD DE LAS PILAS DE COMPOST**



Foto 13: Instalación de los tratamientos, compostaje Mejorado y Compostaje Base.



Foto 14: Tratamiento compostaje Mejorado (P1).



Foto 15: Control de la temperatura de la pila de compost, tratamiento compostaje mejorado.



Foto 16: Temperatura de la pila de compost.



Foto 17: Control del porcentaje de humedad por el método del puño.



Foto 18: Incorporación de agua a la pila de compost.

PRIMER Y SEGUNDO VOLTEO, CORRESPONDIENTE A LA FASE TERMÓFILA.



Foto 19: Primer volteo e incorporación de EM-COMPOST al tratamiento compostaje Mejorado, a una semana de la instalación.



Foto 20: Tratamiento compostaje Mejorado (P1).



Foto 21: Control y registro de la temperatura de la pila de compost en la fase termófila.



Foto 22: Temperatura de la pila de compost.



Foto 23: Segundo volteo, a dos semanas de haber instalado las pilas de compostaje.



Foto 24: Control de la humedad por el método del puño.

CUARTO Y SÉPTIMO VOLTEO, DE HABER INSTALADO LAS PILAS, CORRESPONDIENTE.



Foto 25: Cuarto volteo e incorporación de EM-COMPOST al tratamiento compostaje Mejorado, fase termófila.



Foto 26: Tratamiento compostaje Mejorado (P1).



Foto 27: Toma de datos de acuerdo al respectivo registro y control en cada pila.

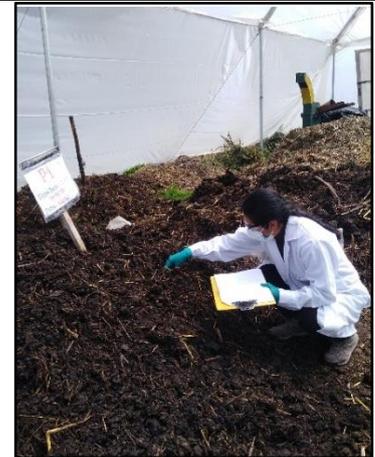


Foto 28: Control de temperatura de la pila de compost.



Foto 29: Séptimo Volteo en la fase mesófila y el respectivo registro y control en cada pila.



Foto 30: Control de la humedad por el método del puño.

PROCESO DE TAMIZAJE COMO PARTE DE LA COSECHA DEL COMPOST MEJORADO (P) Y EL RECOJO DE MUESTRA.



Foto 31: Tamizaje del compost final del tratamiento compostaje mejorado.



Foto 32: Tamizaje del tratamiento compostaje Mejorado (P1).



Foto 33: Tamizaje del tratamiento compostaje Mejorado (P3).



Foto 34: Extracción de la muestra de compost, método cuarteo.



Foto 35: Muestra del tratamiento compostaje Mejorado para el análisis fisicoquímicos, 1 Kg por pila.



Foto 36: Una vez terminado el trabajo de campo de la investigación.

PROCESO DE PREPARACIÓN DE EM – COMPOST



Foto 37: Materiales utilizados en el proceso de preparación del EM – compost.



Foto 38: Proceso de preparación, Vertido de 18 litros de agua libre de cloro en baldes de 20 litros.

Foto 39: Inserción de 1 litro de melaza.



Foto 40: A la solución conseguida se le agregó 1 litro de EM compost.

Foto 41: Este fue mezclado para su posterior sellado dejándolo reposar por 5 días.

ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO



Foto 42: Recojo de 3 kilos de muestra de estiércol de vacuno para medir el porcentaje de humedad.



Foto 43: Pesado de los componentes del compost en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – UNSCH.



Foto 44: Registro del peso inicial de cada muestra



Foto 45: Colocación de las muestras en el horno.