

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**TESIS**

**EFECTO DE BIOACELERADORES EN EL PROCESO DE  
COMPOSTAJE EN LA INFRAESTRUCTURA DE VALORIZACIÓN  
MUNICIPAL DEL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA CANCHIS –  
CUSCO**

**PRESENTADO POR:**

BACH. VLADIMIR JESUS PUMA NOA

**PARA OPTAR AL TÍTULO  
PROFESIONAL DE BIÓLOGO**

**ASESORA:**

DRA. ISABEL RODRIGUEZ SANCHEZ

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO DE  
BIODACELERADORES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA  
INFRAESTRUCTURA DE VALORIZACIÓN MUNICIPAL DEL DISTRITO DE  
SILVANI, PROVINCIA CANCHIS - CUSCO

Presentado por: VLADIMIR JESUS PUMA NOA DNI N° 76524501

presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título profesional/grado académico de BIOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 08 de ABRIL de 2025

  
Firma

Post firma ISABEL RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

Nro. de DNI 23963444

ORCID del Asesor 0000-0002-1266-6382

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:446154611

# VLADIMIR PUMA

## EFFECTO DE BIOACELERADORES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA INFRAESTRUCTURA DE VALORIZACIÓN ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:446154611

138 Páginas

Fecha de entrega

5 abr 2025, 5:36 p.m. GMT-5

23.115 Palabras

Fecha de descarga

5 abr 2025, 5:42 p.m. GMT-5

127.080 Caracteres

Nombre de archivo

EFFECTO DE BIOACELERADORES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA INFRAESTRUCTURA DE VA....pdf

Tamaño de archivo

2.6 MB

# 10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 27 words)

## Top Sources

- 9%  Internet sources
- 3%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por brindarme la oportunidad de estudiar esta bella carrera y seguir con este camino para alcanzar uno de los deseos más anhelados.

A mis padres Jesús y Sonia por su paciencia, amor, trabajo, sacrificio y motivación para continuar y luchar por lo que deseo. Ha sido un honor ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos por estar siempre presente, acompañándome y por el respaldo moral que me proporcionaron durante esta etapa.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en particular a los docentes de la escuela profesional de Biología por la educación y conocimientos proporcionados durante mi formación de pregrado.

A la Dra. Isabel Rodríguez Sánchez, por su valiosa orientación, paciencia y respaldo durante la elaboración de esta tesis.

A los funcionarios públicos de la Municipalidad Provincial de Canchis, Blgo. Raul F. Huaynapata Quispe, el Ing. Evaristo Vilcazan Mamani y el equipo de la infraestructura de valorización de residuos orgánicos municipales.

A mis compañeros de la escuela profesional de Biología y a mis amigos que me brindaron su amistad y apoyo incondicional en todo momento y situación.

Por último, a las señoras miembros del jurado y dictaminantes, por sus recomendaciones y observaciones; que ayudaron a llevar a cabo esta tesis de la manera más óptima.

## ÍNDICE.

<b>RESUMEN.</b> .....	<b>I</b>
<b>INTRODUCCION.</b> .....	<b>II</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>IV</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>V</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>HIPOTESIS</b> .....	<b>VII</b>

### CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Marco Conceptual.....	8
1.2.1.	Residuos Sólidos .....	8
1.2.1.1.	Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	8
1.2.1.2.	Residuos de Ámbito Municipal.....	9
1.2.1.3.	Residuos Orgánicos.....	10
1.2.2.	Valorización de Residuos Solidos.....	10
1.2.2.1.	Compostaje.....	13
1.2.2.2.	Bioaceleradores del compostaje.....	35
1.2.3.	Diagnóstico de residuos sólidos municipales del distrito de Sicuani.....	39
1.2.4.	Marco Legal .....	41

### CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.	UBICACION .....	46
2.1.1.	Política.....	46
2.1.2.	Geográfica del distrito de Sicuani .....	46
2.1.3.	Accesibilidad.....	49
2.1.4.	Geología .....	49
2.1.5.	Hidrología.....	49
2.1.6.	Suelo.....	49
2.1.7.	Clima .....	50
2.2.	Materiales.....	52
2.3.	Metodología.....	54
2.3.1.	Tipo de investigación .....	54
2.3.2.	Evaluación del proceso de compostaje usando bioaceleradores en relación a la temperatura, pH y humedad .....	54
2.3.2.1.	Diseño Experimental.....	54
2.3.2.2.	Materia prima para los diferentes tratamientos en el proceso de compostaje .....	55
2.3.2.3.	Cálculo de la relación C/N por pila de compostaje.....	56
2.3.2.4.	Activación de los Bioaceleradores .....	57
2.3.2.5.	Instalación de las pilas.....	58
2.3.2.6.	Aireación.....	58
2.3.2.7.	Monitoreo de parámetros durante el proceso de compostaje ....	59
2.3.3.	Evaluación del efecto de bioaceleradores en el compost respecto al tiempo y calidad.....	62
2.3.3.1.	Análisis del compost maduro .....	63
2.3.3.2.	Calidad del Compost Maduro .....	65

### CAPITULO III RESULTADOS

3.1.	Proceso de compostaje en relación a la temperatura, pH y humedad.....	67
3.1.1.	Materia prima para los diferentes tratamientos en el proceso de compostaje .....	67
3.1.2.	Cálculo de la relación C/N para la pila de compostaje .....	68
3.1.3.	Instalación de las pilas.....	70
3.1.4.	Monitoreo de parámetros in situ.....	70
3.1.4.1.	Temperatura.....	70
3.1.4.2.	pH.....	75
3.1.4.3.	Humedad. ....	80
3.2.	Evaluar el efecto de bioaceleradores en el compost respecto al tiempo y calidad.	83
3.2.1.	Tiempo del Proceso de Compostaje .....	83
3.2.2.	Evaluación físico, químico .....	84
3.2.3.	Contenido de Metales Pesados .....	88
3.2.4.	Evaluación Microbiológico .....	89
3.2.5.	Producción de compost posterior al zarandeo.....	90
	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>91</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>97</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>99</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tabla de operacionalización de variables. ....	VIII
<b>Tabla 2</b> Código de colores para los residuos del ámbito municipal. ....	9
<b>Tabla 3</b> Control de la aireación .....	26
<b>Tabla 4</b> Parámetros de temperatura optima.....	27
<b>Tabla 5</b> Parámetros de humedad optima .....	28
<b>Tabla 6</b> Parámetros de tamaño de partículas optima .....	29
<b>Tabla 7</b> Parámetros de pH optima .....	30
<b>Tabla 8</b> Parámetros de relación C:N optima.....	31
<b>Tabla 9</b> Relación de C:N de materiales más comunes en el compostaje .....	32
<b>Tabla 10</b> Resumen de factores que condicionan la calidad de compost.....	34
<b>Tabla 11</b> Composición de residuos sólidos del distrito de Sicuani .....	39
<b>Tabla 12</b> Datos de la temperatura y precipitación de la estación meteorológica distrito de Sicuani. (2019 – 2023) .....	50
<b>Tabla 13.</b> Parámetros evaluados durante el proceso de compostaje.....	60
<b>Tabla 14</b> Parámetros y métodos para el análisis físico, químico del compost maduro. ....	63
<b>Tabla 15</b> Parámetros y métodos para los análisis de metales pesados del compost maduro.....	64
<b>Tabla 16</b> Parámetros y métodos para los análisis microbiológicos del compost maduro. ....	65
<b>Tabla 17</b> Parámetros físico, químicos evaluados para la calidad del compost maduro. ....	65
<b>Tabla 18.</b> Estándares de Metales Pesados para el compost maduro.....	66
<b>Tabla 19.</b> Estándares microbiológicos para el compost maduro .....	66
<b>Tabla 20</b> Cantidad de residuos sólidos recolectados por mercados y barrios pilotos .....	67
<b>Tabla 21</b> Cálculo de la relación C/N a utilizar en el proceso de compostaje. ....	68
<b>Tabla 22</b> Temperatura promedio del compost por tratamiento. ....	70
<b>Tabla 23</b> Temperatura promedio del proceso de compostaje en la fase termófila. ....	73
<b>Tabla 24</b> Temperatura promedio del proceso de compostaje en la fase de enfriamiento.....	74
<b>Tabla 25</b> pH promedio del compost por tratamientos. ....	75
<b>Tabla 26</b> pH promedio del proceso de compostaje en la fase termoflica.....	78
<b>Tabla 27</b> pH promedio del proceso de compostaje en la fase de enfriamiento. ....	79
<b>Tabla 28</b> Humedad promedio del compost por tratamientos. ....	80
<b>Tabla 29</b> Comparación del tiempo que duró el proceso de compostaje por tratamiento. ....	83
<b>Tabla 30</b> Análisis fisicoquímico del compost maduro. ....	84
<b>Tabla 31</b> Comparación de Contenido de Metales Pesados por tratamiento. ....	88
<b>Tabla 32</b> Comparación de contenido de microorganismos por tratamiento.....	89
<b>Tabla 33</b> Producción de compost maduro por tratamiento. ....	90

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Compostaje y su utilización en la agricultura. ....	15
<b>Figura 2</b> Volteo de las pilas de compostaje. ....	16
<b>Figura 3</b> Diseño de una pila estática con aireación forzada. ....	17
<b>Figura 4</b> Compostaje en pilas estática con aireación forzada.....	18
<b>Figura 5</b> Diseño de una pila estática con aireación pasiva. ....	18
<b>Figura 6</b> Compostaje en pilas estática con aireación pasiva.....	19
<b>Figura 7</b> Diseño de un compostaje en biodigestor. ....	20
<b>Figura 8</b> Compostaje en biodigestor.....	20
<b>Figura 9</b> Comportamiento de la temperatura, oxígeno y pH en las fases del compostaje .....	25
<b>Figura 10</b> Lactobacillus spp.....	36
<b>Figura 11</b> Saccharomyces spp.....	37
<b>Figura 12</b> Composición general de residuos sólidos del distrito de Sicuani.....	40
<b>Figura 13.</b> Mapa político de la Provincia de Canchis. ....	47
<b>Figura 14.</b> Ubicación de la infraestructura de valorización del distrito de Sicuani .....	48
<b>Figura 15.</b> Climatodiagrama de la estación meteorológica de Sicuani (2019 – 2023) .....	51
<b>Figura 16</b> Croquis Experimental.....	55
<b>Figura 17</b> Método del cuarteo.....	62
<b>Figura 18</b> Cantidad de materia prima utilizado.....	69
<b>Figura 19.</b> Temperatura promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje.....	71
<b>Figura 20.</b> pH promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje .....	76
<b>Figura 21.</b> Humedad promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje.....	81

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Análisis Estadístico.....	109
<b>Anexo 2</b> Resultados del Análisis Físico Químico.....	113
<b>Anexo 3</b> Resultados del Análisis de Metales Pesados.....	114
<b>Anexo 4</b> Resultados del Análisis Microbiológico.....	115
<b>Anexo 5</b> Galería Fotográfico.....	119

## RESUMEN.

Esta investigación sobre el Efecto de Bioaceleradores en la Calidad de Compost se realizó entre los meses de junio del 2023 a enero del 2024 en la Infraestructura de Valorización Municipal del distrito de Sicuani, Provincial de Canchis región Cusco con el objetivo de evaluar el efecto de bioaceleradores en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos procedentes de mercados, camal municipal y barrios pilotos del distrito de Sicuani y determinar la calidad del compost posterior a la aplicación de bioaceleradores. Se aplicó el método de diseño experimental completamente al azar donde se probó 3 tratamientos con 3 repeticiones y un testigo. Sin ningún tratamiento, tratamiento 2 con levadura, tratamiento 3 con trichodermas y el tratamiento 4 se aplicó microorganismos eficaces. Para evaluar el proceso de compostaje se monitoreo sistemáticamente los parámetros de temperatura, pH y humedad. Para la calidad del compost se utilizó el método estandarizado de análisis de laboratorio considerando los parámetros indicados en la NTP 201.208 – 2021. Los resultados obtenidos con los tratamientos durante el proceso de compostaje en la fase termófila se alcanzó temperaturas mayores a 65 °C, respecto al tiempo, en los tratamientos con bioaceleradores el compost se obtuvo en menor tiempo en comparación del testigo. En la calidad, los tratamientos con Trichodermas y EM – Compost destacan en su contenido alto de nitrógeno 1.42 y 1.39%, fosforo 1.02 y 1.05% potasio 4.0 y 4.19% calcio 2.45 y 2.36% y magnesio 0.95, 0.97% y una relación C: N de 10.1, 11.3 respectivamente, En cuanto al análisis microbiológico la Levadura destaca por su menor contenido de coliformes fecales con 240 NMP/G a comparación del testigo debido a que la pila superó los 60 °C de temperatura y se encuentran dentro del rango establecido por la NTP. En conclusión, el compost maduro producido por los tratamientos con bioaceleradores evidencian mejor calidad respecto al testigo y redujeron el tiempo de descomposición para aumentar la fertilidad del suelo de las áreas verdes del distrito de Sicuani.

**Palabras Claves:** Calidad de compost, levadura, trichodermas, microorganismos eficientes.

## INTRODUCCION.

Es necesario considerar que, desde el origen de la vida en la tierra, los residuos sólidos orgánicos han formado parte integral de los ciclos naturales, jugando un papel clave en la fertilización del suelo y el mantenimiento de los ecosistemas. Los desechos se producen naturalmente, pero cuando comienzan a acumularse crean problemas ambientales.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la valorización de los residuos orgánicos es una de las soluciones clave para abordar los desafíos ambientales y climáticos actuales. Al recuperar y transformar los residuos orgánicos en energía, compost o productos de valor añadido, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero y se impulsa la transición hacia una economía circular. (PNUMA, 2021)

Estos residuos son una preocupación creciente en el Perú. De acuerdo con el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL), cada ciudadano peruano genera alrededor de 0.85 kg/hab/día, lo que suma un total de alrededor de 23.166,34 t/día a nivel nacional. Desafortunadamente, la mayoría de estos residuos aún terminan en botaderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios precarios. (MINAM, 2023)

Desde el punto de vista de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM, solo alrededor del 2,33% de los residuos sólidos se valoriza actualmente en el Perú. Esto se debe a varios factores como la falta de cultura entre los ciudadanos, la falta de infraestructura adecuada para separar y valorizar los residuos y el limitado acceso a los mercados para los recicladores informales. Como resultado, los residuos sólidos se han convertido en un grave problema ambiental y de salud pública en el Perú. Contaminan el suelo, el agua y el aire, atraen animales nocivos y propagan enfermedades. También contribuyen al cambio climático al liberar grandes

cantidades de metano, un potente gas de efecto invernadero, cuando se descomponen en vertederos. (MINAM, 2023)

Afortunadamente, hay estrategias que se pueden implementar para reducir el daño que los residuos sólidos municipales causan. Algunos ejemplos incluyen el plan de minimización en la fuente, reutilización de residuos, el reciclaje selectivo e implementar infraestructura de valorización de residuos orgánicos para la obtención de compost.

Según la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, la Región del Cusco genera alrededor de 234.763,21 Tn de residuos sólidos al año en cuanto a los residuos orgánicos aproximadamente es de 58.90% del total, el cual más de la mitad de estos residuos, se puede valorizar. (MINAM, 2023)

Estos residuos sólidos municipales son una gran preocupación que afecta a todos, si bien los gobiernos y las comunidades trabajan para abordar el impacto ambiental, la basura sigue siendo un gran problema. Está comprobado que los residuos municipales causan contaminación del aire, agua y suelo, además pueden representar un peligro potencial para la salud humana.

El distrito de Sicuani genera alrededor de 48.9 Tn de residuos sólidos al día, el 46% del total es orgánico por lo que se requiere elaborar compost y que esta infraestructura de valorización abastezca al total de los residuos orgánicos generados. (Estofanero, 2022)

En base a estas consideraciones se propone realizar el estudio sobre el Efecto de los Bioaceleradores en la Calidad de Compost en la Infraestructura de Valorización Municipal del Distrito de Sicuani, Provincia Canchis – Cusco. Con el fin de reducir el tiempo del proceso de compostaje y que la infraestructura de valorización de residuos orgánicos sea más eficiente.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.Situación problemática.**

La infraestructura de valorización de la Municipalidad Provincial de Canchis, recepciona interdiario un total de 1000 a 1500 kg de residuos orgánicos procedentes de mercados y viviendas de barrios pilotos, el proceso de compostaje en forma natural demora aproximadamente 8 meses, lo cual genera la acumulación de los residuos orgánicos, teniendo en cuenta que el espacio de la infraestructura de valorización es limitado y requiere mayor espacio, metodología para acelerar el proceso y acortar la obtención del compost.

### **1.2.Formulación de interrogantes.**

#### **a) Problema general.**

¿Cuál es el efecto de los bioaceleradores en el proceso de compostaje en la Infraestructura de Valorización Municipal del Distrito de Sicuani, Provincia Canchis – Cusco?

#### **b) Problemas Específicos.**

- ¿Cómo es el proceso de compostaje en relación a la temperatura, pH y humedad?
- ¿Cuál es el efecto de los bioaceleradores (Levadura, Trichoderma y EM-compost) en el compost respecto al tiempo y calidad?

## JUSTIFICACIÓN

La Municipalidad Provincial de Canchis cuenta con una infraestructura de valorización donde se está realizando la obtención de compost. Con el fin de eficientizar, se pretende aplicar bioaceleradores para reducir el tiempo del proceso de compostaje.

El estudio se plantea con la finalidad de evaluar el proceso de compostaje, que es un proceso natural de descomposición de residuos orgánicos como restos de verdura, cocina, poda, Estiércol, etc. y conocer la calidad del compost obtenido aplicando bioaceleradores en la infraestructura de valorización de residuos sólidos municipales, el cual es un factor importante a considerar, ya que determina la capacidad para mejorar la estructura de los suelos, proporcionar nutrientes esenciales a las plantas, promover la actividad microbiana y reducir los residuos sólidos

El presente trabajo de investigación utilizó tres bioaceleradores (Levadura, Trichodermas y EM – compost), para acelerar el proceso de compostaje y obtener compost en el menor tiempo posible, siendo una alternativa de minimización de residuos orgánicos que provienen generalmente de mercados y restaurantes, el cual puede ser utilizado como fertilizante para mantener las áreas verdes como parques y jardines, vivero municipal y realizar entregas de este fertilizante como incentivo a la población del distrito de Sicuani

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de los bioaceleradores en el proceso de compostaje en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Sicuani, provincia Canchis – Cusco.

### **Objetivos Específicos.**

- a) Evaluar el proceso de compostaje en relación a la temperatura, pH y humedad
- b) Evaluar el efecto de bioaceleradores (Levadura, Trichoderma y EM-compost) en el compost respecto al tiempo y calidad

## **HIPOTESIS**

**Hipótesis Alterna (H1):** Los bioaceleradores tienen efecto como acelerador durante el proceso de compostaje en la infraestructura de valorización del distrito de Sicuani.

## **VARIABLES DE LA INVESTIGACION**

### **Variables independientes.**

- Efecto de Levadura
- Efecto de Trichodermas
- Efecto de EM - compost

### **Variables dependientes.**

- Proceso de Compostaje

**Tabla 1***Tabla de operacionalización de variables.*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
DEPENDIENTE Proceso de compostaje	<p><b>Proceso de compostaje.</b> La FAO define el compostaje como la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas, que se utiliza para mejorar la estructura del suelo y aportar nutrientes. Es importante destacar que no todo material orgánico sometido a transformación aeróbica puede ser considerado compost. Obtener compost requiere un proceso controlado que atraviesa diferentes etapas y cumple con ciertos parámetros.</p>	<p>Fase Mesófila Fase Termófila Fase de enfriamiento Fase de maduración</p>	Temperatura	°C
			pH	
			Humedad	%
INDEPENDIENTE Efecto de Levadura Efecto de Trichoderma Efecto de EM - Compost	<p><b>Levaduras.</b> - En el compostaje, aceleran la descomposición de la materia orgánica al facilitar la degradación de los carbohidratos, reduciendo el tiempo total del proceso y produciendo un compost de alta calidad sin generar residuos nocivos para el medio ambiente. (Suárez et al., 2016).</p> <p><b>Trichoderma.</b> - Es un hongo ampliamente utilizado en el compostaje debido a su capacidad para degradar lignina y celulosa, componentes clave de los residuos orgánicos. Además, los trichodermas absorben nutrientes como hierro y nitrógeno, que son esenciales para la síntesis de enzimas que favorecen la degradación de residuos, generando un compost de mejor calidad. (Artemio et al., 2018).</p> <p><b>EM - Compost.</b> - Se presentan en tres grupos de microorganismos absolutamente naturales los cuales son las bacterias lácticas, fototróficas y levaduras que aceleran la descomposición de la materia orgánica y genera un compost de mejor calidad (BID, 2009)</p>	Tiempo	Semanas/Días	
		Parámetros Físicoquímicos	Humedad	%
			pH	%
			Materia Orgánica	%
			Relación C:N	%
			Conductividad Eléctrica	dS/m
		Contenido de Nutrientes	Nitrógeno (N)	%
			Fosforo (P)	%
			Potasio (K)	%
			Calcio (Ca)	%
			Magnesio (Mg)	%
			Metales pesados	%
		Parámetros microbiológicos	Coliformes Fecales (CF)	NMP/g
Salmonella sp.	Ausente en 25g			
Huevos de helminto	menor a 1 en 4g			

## CAPITULO I

### MARCO TEORICO

#### 1.1. Antecedentes

##### Antecedentes Internacionales

**Bol y Lomeli, (2023)** En el estudio de investigación cuyo objetivo principal fue determinar la eficiencia de dos tipos de microorganismos eficientes, aplicó un diseño con un enfoque metodológico mixto. Entre sus resultados, obtuvo una aceleración del proceso de compostaje para el tratamiento 1 que contenía E.M. con 2 dosis de 670 ml/5 L, obteniendo un compost a los 66 días. En cuanto a nutrientes, fue también el mejor al obtener un nitrógeno del 3 %, fósforo 0,73 %, potasio 2,56 % y materia orgánica 47,33 %. Llegó a concluir que el uso de EM acelera el proceso, mejora la calidad del compost y puede ser usado como mejorador de suelo agrícola.

**Martínez, (2023)** En la tesis cuyo objetivo general fue la evaluación de la capacidad de compostaje de EM en residuos domésticos, evaluó la capacidad de mejorar el proceso de compostaje de los EM y realizó una comparación con la inoculación de *Bacillus subtilis* y el compostaje tradicional sin microorganismos. Como resultado, obtuvo que el proceso duró 40 días y un pH de 7-7,6. En su conclusión, menciona que no obtuvo un compost completamente maduro y estable; al igual que el compost control, terminó siendo fitotóxico a los 20 y 30 días.

**Zambrano, (2022)** En la tesis cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de la aplicación de *Saccharomyces* y *Trichoderma* en la descomposición de residuos de podas en el cultivo de guanábana (*Annona muricata*), optó por 4 tratamientos y 4 repeticiones: Factor A *Saccharomyces* (A1) y *Trichoderma* (A2), Factor B dosis de aplicación B1 (1 g/l), B2 (2 g/l). Sus resultados fueron que la temperatura promedio, en comparación con la levadura, *Trichoderma* tiene una temperatura

más alta de 28,96 °C en solo 5 días, después de 10 días la temperatura era de 29,25 °C y a los 30 días alcanzó los 59,26 °C. No hubo diferencias significativas en el pH durante los primeros 5 días; el T2 (dosis de *Trichoderma* 1 g/l) alcanzó su punto más alto con un pH de 7,08 en 30 días. El tratamiento 4, la mezcla del factor A2 (*Trichoderma*) con el factor B2 (dosis 2 g/l), fue su mejor resultado para la descomposición de residuos orgánicos. Por lo que concluyó que el uso de levadura y *Trichoderma* ayuda a acelerar la descomposición de residuos vegetales resultantes de la poda de cultivo de guanábana y recomienda utilizar ambos microorganismos al mismo tiempo para acelerar la descomposición.

### **Antecedentes Nacionales.**

**Cahuana, (2024)** En la tesis cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de microorganismos eficaces y cal agrícola en la producción de compost a base de cáscaras de cacao, optó por instalar 16 composteras con cubierta tipo invernadero, con diseño de bloques completos al azar. Evaluó el pH y temperatura durante el proceso de compostaje y el rendimiento del compost al final del proceso. Entre sus resultados, obtuvo que el parámetro de temperatura alcanzó los 52,5 °C y su pH final fue de 8,35; no hubo diferencias significativas estadísticamente. En cuanto a la calidad, el T3 presentó mayor cantidad de materia orgánica con 52,92 %, potasio 3,38 % y magnesio 1,24 %; en el T4, obtuvo un nitrógeno con un valor de 1,82 % y fósforo 0,68 %. Llegó a concluir que añadir 10 kg de microorganismos eficientes en 100 kg de cáscara de cacao en los T3 y T4 incrementaron el porcentaje de contenido de la materia orgánica, nitrógeno, óxido de fósforo, óxido de potasio y óxido de magnesio.

**Loaiza, (2020)** En la tesis cuyo objetivo general fue evaluar la calidad, tiempo y rendimiento del compost elaborado a partir de residuos orgánicos con la incorporación de aceleradores biológicos, probó 4 tratamientos con 3 réplicas: tratamiento 1 con microorganismos eficientes, tratamiento 2 con bazofia de camal, tratamiento 3 con vísceras de pescado y tratamiento 4 como testigo (sin acelerador). Durante el compostaje, demostraron que las vísceras de pescado (T3) se comportaron diferente a otros tratamientos con mejores resultados a pH 7,5, temperatura 29,7 °C y humedad 51,9 °C. Concluyó que el uso de aceleradores mejora la calidad y tiempo del compost, de los cuales, microorganismos eficientes (T1) y bazofia de camal (T2) fueron los mejores.

**Melo, (2020)** En la tesis cuyo objetivo general fue establecer un procedimiento de tratamiento de residuos sólidos orgánicos domésticos incorporando microorganismos para acelerar su descomposición y cómo influye la relación de C/N y pH durante el proceso de compostaje, llegó a concluir que la relación de C/N varía según el tratamiento aplicado. Además, la aplicación de microorganismos es muy importante porque el pH estará controlado por los microorganismos eficientes; de igual modo, va a suprimir hongos y microorganismos patógenos que puedan afectar el proceso de compostaje. Los residuos de alimentos usados ayudan a acelerar la descomposición, ya que reducen el volumen más fácilmente y el aporte nutricional final del compost es gracias al uso de estiércol de vaca.

**Herrera, (2022)** En la tesis cuyo objetivo general fue evaluar la aplicación de las pilas con estiércol vacuno y residuos orgánicos, mezcló el estiércol de vacuno con residuos orgánicos en una proporción de 70/30 %, 50/50 % y 30/70 %, y tuvo un testigo de solo residuos orgánicos. Entre sus resultados, obtuvo que el tratamiento con estiércol 70/30 % llegó a su máxima temperatura a los 15 días, con 48 °C y pH de 7,8. A los 55 días, en el caso de nitrógeno, obtuvo un valor de 1,30

%, fósforo 2,9 %, relación C/N 26/1 en el tratamiento de 30/70 % y pH de 8,4. En conclusión, demostró que añadir estiércol de vacuno a los residuos orgánicos para el proceso de compostaje acelera el proceso y la proporción de estiércol y residuo orgánico de 70/30 % fue el de mejor calidad, con una relación de C/N de 15,42, nitrógeno con 1,30 %, una concentración baja de cromo 3,00 mg/kg y pH neutro.

**Maqqe, (2018)** En la tesis cuyo objetivo general fue el aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de compost y bokashi con la aplicación de bioaceleradores, utilizó el diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento. La pila de referencia fue tratamiento 1; en el tratamiento 2, utilizó 104 kg de precompost; para el tratamiento 3, utilizó 30 L de fermento de frutas; y, finalmente, para el tratamiento 4, utilizó una combinación de 2,5 L de melaza y 100 g de levadura, el cual obtuvo como resultado que el tratamiento 4 presentó un pH de 7,1, materia orgánica de 37,6 %, nitrógeno 2,55 %, fósforo 2,13 %, potasio 2,32 %; así mismo, fue el que tuvo menor tiempo de maduración, logrando un producto final a los 30 días. Llegó a la conclusión de que los residuos orgánicos fueron aprovechados favorablemente gracias a su trabajo de investigación al transformar esos residuos en un producto de calidad con alto contenido de materia orgánica y valores óptimos de micronutrientes.

**Rivera, Caracela y Morales, (2020)** En la investigación cuyo objetivo fue verificar la relación entre la aplicación del microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* y la aceleración en el proceso de compostaje, el método fue validado mediante un diseño experimental. Los resultados mostraron que la dosis de microorganismos de 300 g fue el mejor; en cuanto al tiempo y cosecha del compost, fue de 93 días. Los análisis físicos y químicos obtuvieron como resultado fósforo (0,63 %), potasio (1,07 %) y pH (7,6) y materia orgánica (20,1 %); los análisis biológicos

demuestran que fue un proceso inocuo. El uso de microorganismos aumenta la calidad y acelera eficazmente el proceso de compostaje.

**Castillo, (2020).** En la tesis cuyo objetivo general fue evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos del distrito de Huayucachi, Huancayo, después de haber mezclado 4 tipos de residuos orgánicos, como estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado, restos de cosecha, cada uno con inoculación de 3 dosis de microorganismos eficientes, utilizó el método experimental con diseño completamente al azar, haciendo en total 12 pilas de compostaje con unas dimensiones de 0,8 m × 0,6 m, el cual realizó monitoreo constantes de parámetros como temperatura, pH, humedad, conductividad eléctrica, el cual obtuvo como resultados que los parámetros como la humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de nutrientes como materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, relación C:N y los metales pesados como cobre, cromo y plomo, se encuentren dentro de los estándares de calidad, según la Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-Iquitos y EPA Australia. Por otra parte, los metales pesados como el cadmio y el zinc excedieron los estándares de calidad propuestas por el EPA-Australia y el de la Norma Técnica Chilena, a causa de que se obtuvieron valores superiores a 1 ppm.

### **Antecedentes Locales.**

**Condori y Bravo, (2023).** En la tesis cuyo objetivo fue evaluar la dosis de EM-compost en residuos orgánicos procedentes de mercado, en su investigación, empleó un diseño experimental con 4 tratamientos y tres repeticiones: el T1 testigo, el T2 con 20 %, T3 con 30 % y el T4 con 40 % de EM, respectivamente. Obtuvo como resultado una relación C/N de 15/1, nitrógeno 1,77 %, fósforo 0,5 %, potasio 2,25 % y materia orgánica 33 %. Llegó a la conclusión

de que la dosis más eficiente fue el T4 con 40 % de concentración de EM-compost, donde mejoró evidentemente las propiedades físico-químicas y redujo el tiempo del proceso de compostaje.

**Loaiza, (2020)** En la tesis cuyo objetivo general fue determinar la calidad del compost aplicando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que se obtendrá a partir de los residuos sólidos orgánicos, en la investigación, usó 2 tratamientos como se detalla a continuación: tratamiento 1, se administró semanalmente solo solución líquida de (*Saccharomyces cereviceae*) a una dosis de 10 litros por ruma; tratamiento 2, se administró solución líquida EM una vez por semana a una dosis de 10 litros por ruma más sangre de oveja solo en la formación de la ruma; tratamiento 0 testigo, no recibió ninguna dosis. Al final del procesamiento, se logró cosechar compost en T2 de buena calidad y valores superiores en cuanto a los parámetros biológicos, físicos y químicos (análisis de laboratorio) que el T0 y T1. Al final del compostaje, se encontró valores mayores en población microbiana (3,87 ufc), peso óptimo al momento de la cosecha (87 %), textura franca (Fr. A.), pH (8,76), buena humedad (50 %) y altos valores de macro y micronutrientes: N (0,99 %), P (499,8 ppm), K (7400 ppm), sin carbonatos. Llegó a concluir que cosechó compost de buena calidad en parámetros biológicos, físicos y químicos (análisis de laboratorio), encontrándose valores mayores a la finalización de la composta con *Saccharomyces*, encontrando una mayor población microbiana

**Cuba y Soncco, (2023)** En la tesis, señaló como objetivo general evaluar el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante la elaboración de compost incorporando estiércol de cuy y *Eisenia foetida* en Coya, donde estableció tres tratamientos con diferentes dosis de residuos orgánicos domiciliarios, cada uno con tres repeticiones, estiércol de cuy (EC) y *Eisenia foetida*. En el proceso de compostaje, monitoreó la temperatura y el pH; los resultados los comparó con la N.T.P. 201.208:2021. En sus resultados, obtuvo a los 60 días en promedio en cuanto a las

propiedades físicas, químicas y las concentraciones de nutrientes están dentro del rango especificado por NTP, a excepción del magnesio, el cual excedió en un 0,2 %. En su conclusión, mencionó que estos resultados muestran que agregar compost de cuy y lombricomposta *Eisenia foetida* al compost de residuos orgánicos de hogares en Cusco es una práctica efectiva para producir compost con suficiente concentración de nutrientes.

## **1.2. Marco Conceptual.**

### ***1.2.1. Residuos Sólidos***

Como indica el D.L. N° 1278, es residuo sólido cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio que se desecha o que su propietario pretende o está obligado a disponer, anteponer el valor del residuo y en última instancia, su colocación definitiva.

#### **1.2.1.1. Gestión Integral de Residuos Sólidos**

Según el D.L. N° 1278 indica que es toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.

Por otra parte, MINAM (2013). Indica que son acciones que se desarrollan para lograr condiciones óptimas en la gestión y manejo de residuos sólidos y aborden temas relacionados a incrementar las capacidades de gestión de los gobiernos locales, la inversión pública y privada, la participación responsable de los productores de bienes y servicios, así como de las instituciones y población en general.

### 1.2.1.2. Residuos de **Ámbito Municipal**

Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción (D.L. 1278, 2016).

**Tabla 2**

*Código de colores para los residuos del ámbito municipal.*

Residuos del ámbito municipal		
<b>Tipo de residuo</b>	<b>Color</b>	<b>Ejemplo de residuo</b>
<b>Aprovechables</b>	Verde	Madera Papel y cartón Plástico Textiles Vidrio Cuero Metales (latas, u otros) Empaques compuestos Colillas de cigarro Cerámicos
<b>No Aprovechables</b>	Negro	Papel encerado, metalizado Residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, paños húmedos, entre otros) Hojarasca
<b>Orgánicos</b>	Marrón	Restos de poda Restos de alimentos Empaques de plaguicidas Medicinas vencidas
<b>Peligrosos</b>	Rojo	Lámparas y luminarias Pilas Otros

Nota: NTP. 900.058, 2019.

- **Procesos de los residuos sólidos**

El manejo de los residuos sólidos comprende las siguientes operaciones:

- a) Segregación
- b) Barrido y limpieza de espacios públicos
- c) Recolección selectiva
- d) Transporte
- e) Almacenamiento
- f) Acondicionamiento
- g) Valorización
- h) Transferencia
- i) Tratamiento
- j) Disposición final”

### **1.2.1.3. Residuos Orgánicos**

Aplica para residuos biodegradables o fácilmente degradables. Los residuos orgánicos incluyen residuos de maleza y poda como flores, hojas, tallos, recortes de césped, estiércol de ganado y otros residuos similares, así como restos de alimentos como cáscaras, frutas, verduras y otros restos. Estos residuos constituyen el 56% de los residuos generados en el país, que se genera en el ámbito administrativo municipal o fuera del ámbito administrativo municipal. (D.S. N°014, 2017)

### ***1.2.2. Valorización de Residuos Sólidos***

Es una alternativa de tratamiento y procesamiento que debe priorizarse sobre la disposición final de residuos. Dichas actividades incluyen la transformación química y/o biológica de residuos

sólidos para formar materias primas, materiales o recursos total o parcialmente en diversos procesos; y en la recuperación de componentes o materiales que proporcionen recuperación de actividades manufactureras, mineras o de servicios. Residuos sólidos de materiales o componentes o productos usados y/o partes de los mismos para su reutilización y/o procesamiento. (D.L. 1278, 2016).

Se deben preferir las alternativas de gestión frente a la disposición final de los residuos que implica la transformación química y/o biológica de residuos sólidos, que son total o parcialmente materias primas, materiales o recursos en diversos procesos. La valorización de residuos municipales y no municipales se basa en un sistema de recolección selectiva y un régimen especial de residuos de materias primas prioritarias bajo la política de Responsabilidad Extendida del Productor.

Los residuos sólidos provenientes de actividades de producción y consumo son un recurso económico potencial, por lo que se deben priorizar para su aprovechamiento las siguientes actividades: segregación en fuente, recolección selectiva y reciclaje de residuos inorgánicos y metales, residuos orgánicos para la producción de fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o restauración de suelos, generación de energía y otras opciones para evitar su disposición final.

- **Otras prácticas de valorización de residuos sólidos orgánicos**

- Biochar
- Biogás
- Vermicompost
- Compostaje

- **Infraestructura de Valorización de Residuos Sólidos**

Las infraestructuras de valorización son instalaciones donde se realizan las siguientes operaciones:

- a) Actividades de acondicionamiento de residuos sólidos, como actividades complementarias a las operaciones de valorización;
- b) Actividades de acondicionamiento de residuos sólidos peligrosos;
- c) Compostaje
- d) Recuperación de aceites usados que no implique la producción de biodiésel;
- e) Desmantelamiento y/o desensamblaje de residuos sólidos de aparatos eléctricos y electrónicos;
- f) Destrucción y/o desintegración física de vehículos u operaciones de chatarreo;
- g) Trituración y/o molienda de residuos sólidos de demolición y construcción, distintos a aquellos provenientes de obras menores;
- h) Otras formas de valorización. (D.S. N° 001, 2022)

- **Características de las Infraestructuras de Valorización.**

Para el diseño de las infraestructuras de valorización se deben considerar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- a) Contar con áreas para la maniobra y operación de vehículos y equipos sin perturbar las actividades operativas;
- b) Independización del área de manejo de residuos sólidos, del área administrativa y/o de los laboratorios u otras áreas;
- c) Contar con sistemas de iluminación y ventilación;
- d) Contar con paredes y pisos impermeables y lavables;
- e) Contar con sistemas contra incendio. (D.S. N° 001, 2022).

#### **1.2.2.1. Compostaje**

De acuerdo a la FAO, define al compostaje como la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

Así mismo la norma técnica peruana define al compostaje como un proceso de conversión física, química y microbiana controlada de la materia orgánica en condiciones aeróbicas y termofílicas, dando como resultado un producto rico en sustancias húmicas, estable, maduro, generalmente de color marrón oscuro y libre de olores desagradables. El proceso debe ser letal para organismos patógenos, parásitos y componentes de germinación, como esporas y semillas, para evitar riesgos para la salud y el medio ambiente (INACAL, 2021).

El compostaje es un proceso físico, químico y biológico por el cual debe pasar la materia orgánica para eliminar elementos patógenos a través de microorganismos que lo descomponen. (FAO, 2013)

### **A. Tipos de Compostaje**

Los diferentes tipos de compostaje se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo. (FAO, 2013)

- **Sistema Abierto o en Pilas.**

Este sistema de compostaje se puede realizar cuando hay muchos residuos orgánicos y su cantidad varía (alrededor de 1 metro cúbico o más).

Los materiales se compostan en pilas, juntando los residuos en montículos. El material a compostar se debe amontonar sin comprimirlo demasiado para que pueda circular el aire. En estos sistemas no se controla el entorno en el que se desarrolla el proceso, entre lo más importante se puede mencionar:

- **Compostaje Pasivo en pilas estáticas.**

Este sistema es el más antiguo y sencillo. Consiste en amontonar diversos residuos orgánicos que se descomponen lentamente sin realizar control de la humedad, ventilación, temperatura, etc. El aire surge naturalmente como resultado del movimiento pasivo de la pila. En este caso, el proceso de descomposición está dominado por microorganismos anaeróbicos el cual produce baja temperatura y lenta descomposición, en algunos casos pueden producirse olores desagradables, gases y líquidos innecesarios.

En general, con este sistema no se pueden obtener un producto (compost) de alta calidad, porque los diversos factores que afectan el compostaje no se mantienen dentro de los límites óptimos durante el proceso de compostaje. (BID, 2009)

### **Figura 1**

*Compostaje y su utilización en la agricultura.*



Nota: Imagen obtenida de FAO, 2013

#### ○ **Compostaje en pilas de volteo**

Este método implica apilar materiales en pilas largas al aire libre o en un cobertizo. Las dimensiones de las pilas oscilan entre 2 y 5 metros de ancho, entre 1 y 3 metros de alto y varias longitudes. Su forma puede ser triangular o trapezoidal. Ambos dependen de las condiciones climáticas predominantes, de la maquinaria disponible para realizar y girar las pilas, etc. Las pilas deben rotar periódicamente de forma manual o mecánica. Si se realiza de forma mecánica, debe existir una máquina (volteadora) especialmente diseñada para este fin, o se puede utilizar un mini cargador.

Las pilas de compostaje se deben de proteger del exceso de humedad en temporadas de lluvias y durante la temporada de invierno, para evitar condiciones de anaerobiosis o falta de oxígeno. (O’Ryan y Riffo,2007)

## **Figura 2**

*Volteo de las pilas de compostaje.*



Nota: Imagen obtenida de FAO, 2013

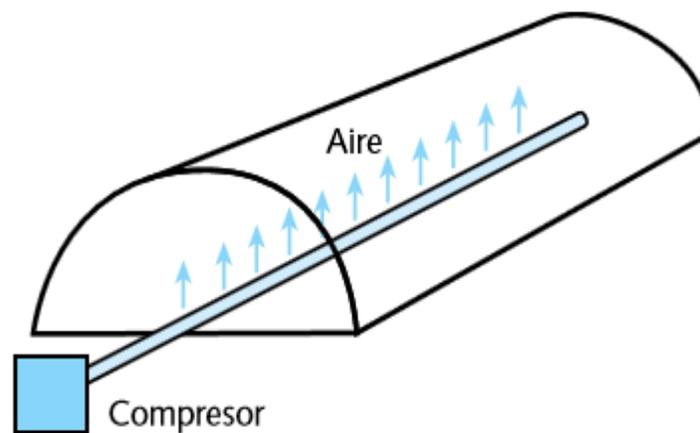
- **Compostaje en pila estática con aireación forzada.**

El método consiste en formar pilas del material compostable en una red de canales de ventilación, donde se suministra aire regularmente para garantizar un ambiente aeróbico suficiente para el proceso de compostaje. Este sistema requiere una gran inversión y requiere una variedad de equipos como compresores de aire, tuberías, válvulas y sistemas de control de presión, temperatura y humedad del aire.

Uno de los beneficios es la reducción del tiempo de compostaje, ya que se controlan mejor los factores que afectan al compostaje. (BID, 2009)

**Figura 3**

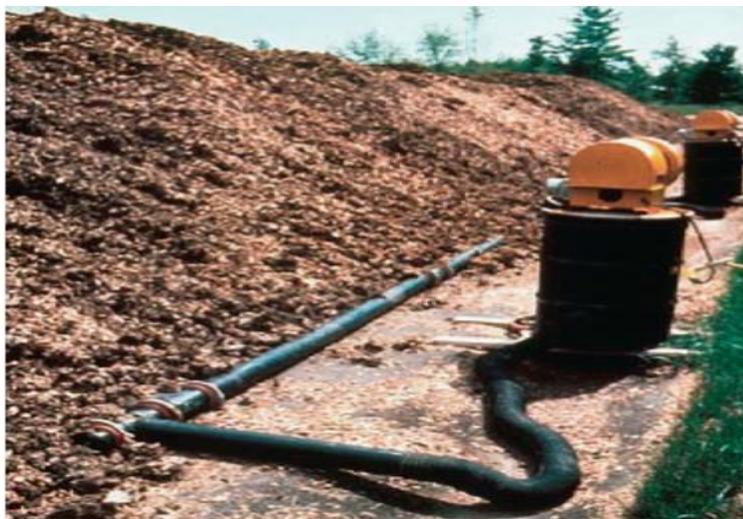
*Diseño de una pila estática con aireación forzada.*



Nota: Imagen obtenida de Graves y Hattemer, 2000

**Figura 4**

*Compostaje en pilas estática con aireación forzada.*



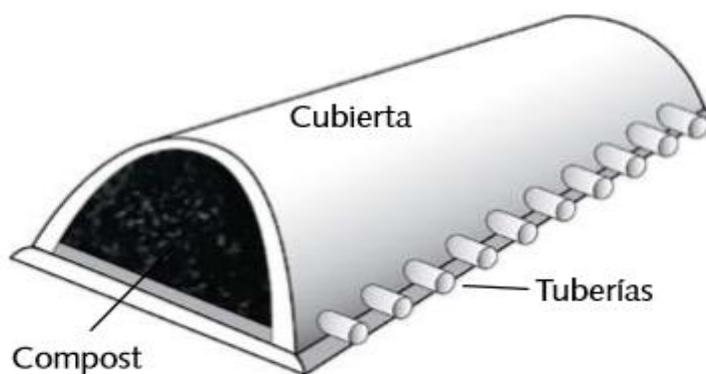
Nota: Imagen obtenida de Ozores, 2003

○ **Compostaje en pilas estáticas con aireación pasiva.**

El método consiste en formar el material compostable en una pila y airearlo pasivamente a través de una red de tubos perforados en el fondo de la pila.

**Figura 5**

*Diseño de una pila estática con aireación pasiva.*



Nota: Imagen obtenida de Graves y Hattemer, 2000

## Figura 6

*Compostaje en pilas estática con aireación pasiva.*



Nota: Imagen obtenida de Ozores, 2003

- **Sistemas Cerrados.**

En la mayoría de los casos, los sistemas cerrados permiten un mejor control de diversos parámetros del proceso, así como tiempos de residencia más cortos y la posibilidad de procesos continuos.

Se caracteriza por el compostaje en reactor cerrado, cuyo mayor inconveniente son los elevados costes de inversión de la planta de producción.

- **Compostaje en biodigestores.**

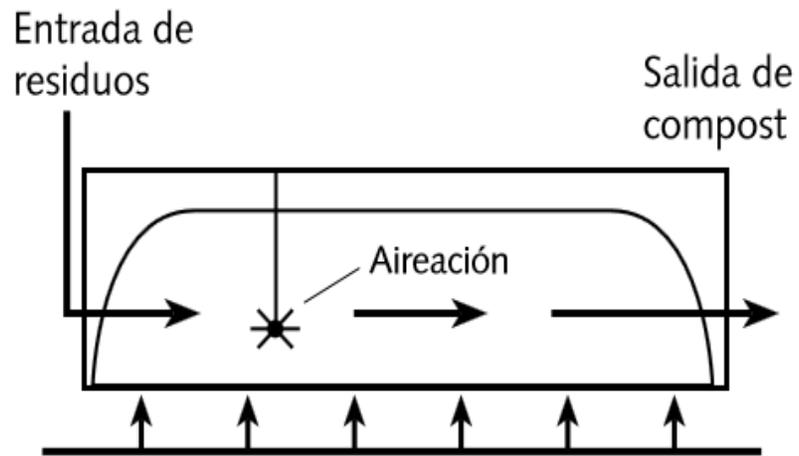
En este método, el proceso de compostaje se lleva a cabo en un recipiente cerrado donde se aceleran los procesos aeróbicos para formar compost.

El recipiente está equipado con inyectores de aire y agua, que mantienen las condiciones ideales para la mezcla, lo que favorece el trabajo de los microorganismos.

(BID, 2009)

**Figura 7**

*Diseño de un compostaje en biodigestor.*



Nota: Imagen obtenida de Graves y Hattemer, 2000

**Figura 8**

*Compostaje en biodigestor.*



Nota: Imagen obtenida de Ozores, 2003

## **B. Materia Prima Para el Proceso de Compostaje**

La mayoría de los componentes orgánicos son compostables, la materia prima que se considera para la elaboración de compostaje son los siguientes:

- Restos de Cosecha. Se utiliza plantas de huertos, jardín, ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles o arbustos y hiera cegada, césped o pasto preferiblemente en capas finas y previamente desecado.
- Estiércol. Entre ellos se tiene al estiércol de vacuno que es de mayor uso en el compostaje que proceden en mayor cantidad de camales municipales, también destacan la gallinaza, estiércol de caprino y ovino.
- Restos orgánicos de cocina en general. Son los restos de fruta estropeados, restos de hortalizas, cascaras de fruta y papa.
- Virutas. Como el aserrín. (FAO, 2013)

## **C. Fases del Proceso de Compostaje**

El compostaje brinda la oportunidad de transformar de manera segura los desechos orgánicos en materias primas para la agricultura, áreas verdes, parques y jardines de una comunidad. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura define el compost como una mezcla de materia orgánica que se descompone en condiciones aeróbicas y se utiliza para mejorar la estructura del suelo y aportar nutrientes. Sin embargo, no todos los materiales que sufren conversión aeróbica se consideran abono. El proceso de compostaje consta de varios pasos que se deben completar para producir compost de alta calidad. (FAO, 2013).

Cuando las sustancias orgánicas se oxidan bajo la acción de microorganismos, parte de la energía se captura y se utiliza para sintetizar nuevo material celular. Cuando un

microorganismo muere, este material es alimento para otros microorganismos presentes, que producen dióxido de carbono, agua y nuevo material celular. Todo el proceso se repite hasta que la fracción restante de materia orgánica sea altamente resistente al ataque microbiano. A medida que avanza el proceso de compostaje, los compuestos orgánicos que se descomponen más fácilmente se oxidan y se sustituyen cada vez por humus. Se vuelve menos biodegradable, pero a un ritmo más lento en comparación con la tasa de degradación inicial. (Córdova, 2016)

De manera similar, los microorganismos, al descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la materia orgánica original, liberan una cantidad mensurable de calor a partir de los cambios de temperatura durante el tiempo necesario para producir compost. Además de la etapa de maduración de duración variable, el compostaje se divide en tres etapas principales en función de la temperatura generada durante el proceso. Generalmente, la primera fase muestra una importante actividad de bacterias mesófilas, que generan calor porque las reacciones metabólicas son exotérmicas. La generación de calor eleva la temperatura y entra en la segunda fase, donde la materia orgánica adquiere estabilidad biológica a través de reacciones de oxidación bioquímica de organismos termófilos. Después de eso, la temperatura vuelve a bajar y entra en la etapa madura del proceso de compostaje. El producto final de este proceso no es una materia orgánica completamente estable, sino un material del suelo similar al humus con la capacidad de seguir desarrollándose y así proporcionar nutrientes al sistema suelo-planta. (Córdova, 2016)

Por tanto, el compostaje se divide según la temperatura en:

- **Mesófila**

La materia prima inicia el proceso de compostaje a temperatura ambiente y al cabo de unos días o incluso horas la temperatura sube hasta los 45°C. El aumento de temperatura está asociado con la actividad microbiana, ya que los microorganismos en esta fase utilizan fuentes simples de carbono y nitrógeno para generar calor. La descomposición de compuestos solubles como los azúcares produce ácidos orgánicos, por lo que el pH cae aproximadamente 4,0 o 4,5. Esta fase dura entre 2 a 8 días (FAO, 2013)



Fuente: Córdova, 2016

- **Termófila**

Cuando la pila de compostaje alcanza una temperatura superior a 45°C, los microorganismos que crecen a temperaturas moderadas (mesófilos) son reemplazados por microorganismos que crecen a temperaturas más altas, principalmente bacterias (termófilos), favoreciendo su función degradando el C más complejo, como la celulosa y lignina. La función de estos microorganismos es convertir el nitrógeno en amoníaco y así elevar el pH del medio. En particular, a partir de los 60 °C aparecen bacterias productoras de esporas y actinomicetos, que son responsables de la descomposición de ceras, hemicelulosas y otros compuestos del complejo C. Esta fase puede durar desde unos pocos días hasta algunos meses, dependiendo de las materias primas, las condiciones climáticas y del sitio, y otros factores. Esta etapa también se denomina etapa de desinfección, ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes fecales como E. coli y salmonella.

Este paso es importante porque las temperaturas superiores a 55 °C destruyen los quistes y huevos de helmintos, las esporas de hongos fitopatógenos y las semillas de malezas que se encuentran en la materia prima. (FAO,2013)



Fuente: Córdoba, 2016

- **Mesófila II**

Cuando se agota la fuente de carbono, especialmente el nitrógeno del material de compost, la temperatura vuelve a bajar a 40-45°C. En esta etapa continúa la descomposición de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos visibles a simple vista en algunos casos. A medida que la temperatura desciende por debajo de los 40 °C, los organismos mesófilos reanudarán su actividad y el pH del medio descenderá ligeramente, pero el pH general seguirá siendo ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento dura varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.



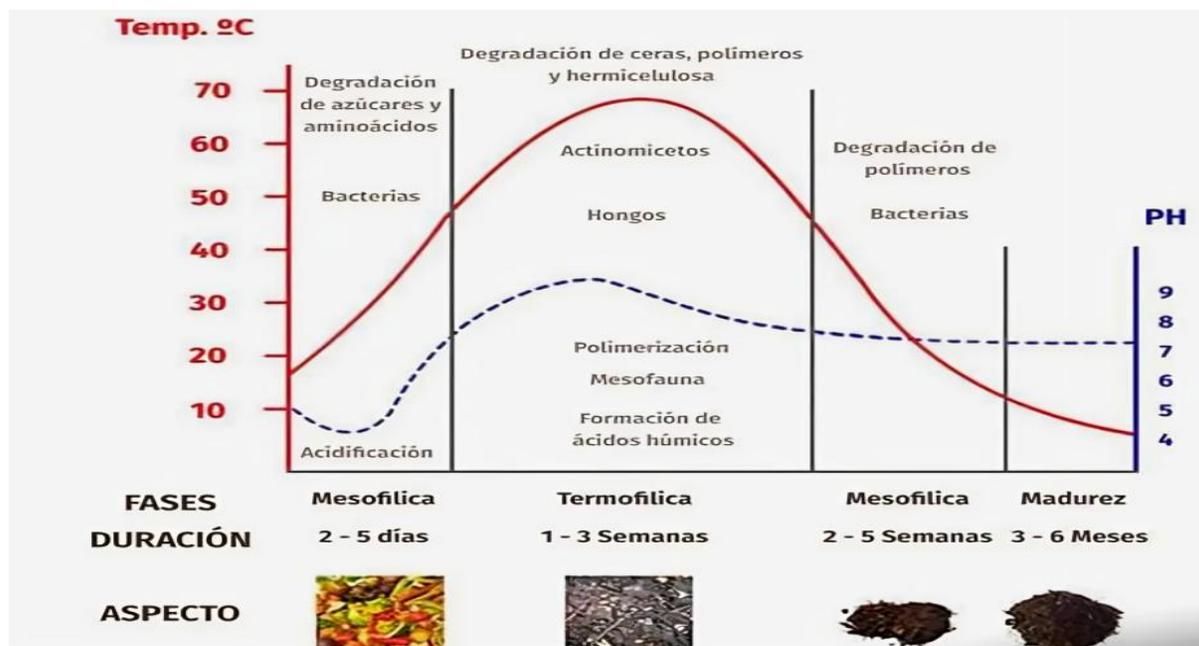
Fuente: Córdoba, 2016

- **De Maduración**

A temperatura ambiente, la reacción secundaria de condensación y polimerización de compuestos de carbono tarda varios meses para formar ácidos húmicos y fúlvicos.

**Figura 9**

*Comportamiento de la temperatura, oxígeno y pH en las fases del compostaje*



Nota: Imagen obtenida de FAO, 2013

#### **D. Factores que Condicionan el Proceso de Compostaje.**

Dado que el compostaje es un proceso biológico realizado por microorganismos, se deben considerar parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen oxígeno o aireación, humedad del sustrato, temperatura, pH, tamaño de partículas, densidad aparente, materia inerte, materia orgánica, nitrógeno, fosforo potasio, magnesio, calcio, relación carbono-nitrógeno y metales pesados. Externamente, el proceso de compostaje depende en gran medida de las condiciones ambientales, los métodos utilizados, las materias primas utilizadas y otros factores, por lo que algunos parámetros pueden variar. Sin embargo, deben ser monitoreados continuamente para garantizar que siempre estén dentro del rango óptimo. (FAO, 2013).

- **Factores Físicos**

- **Aireación.**

El compostaje es un proceso aeróbico y se debe mantener una aireación adecuada para permitir que los microorganismos respiren y liberen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. Además, la aireación evita la compactación o impermeabilización de los materiales. La demanda de oxígeno cambia durante el proceso y alcanza el mayor consumo en la fase de alta temperatura.

**Tabla 3**

*Control de la aireación*

<b>Porcentaje de aireación</b>	<b>Problema</b>	<b>Soluciones</b>
< 5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis
		Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
		<b>5% - 15% Rango ideal</b>
> 15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga.
		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.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

- **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).**

Durante el proceso aerobio o aeróbico, ya sea compostaje o respiración humana, el oxígeno convierte (oxida) el carbono de la materia prima (sustrato o alimento) en

combustible. Durante el compostaje, el dióxido de carbono se libera a través de la respiración, por lo que su concentración cambia con la actividad microbiana y la materia prima utilizada como sustrato. Generalmente se considera que el dióxido de carbono producido durante el compostaje tiene un bajo impacto ambiental, ya que es capturado por las plantas para la fotosíntesis. (FAO, 2013)

○ **Temperatura.**

Dependiendo de la etapa del proceso, la temperatura puede variar significativamente. El compostaje comienza a temperatura ambiente y aumenta hasta 65°C sin intervención humana (calentamiento externo) y vuelve a temperatura ambiente durante la fase de maduración. (FAO, 2013)

**Tabla 4**

*Parámetros de temperatura optima*

Temperatura (°C)		Causas asociadas	Soluciones
<b>Bajas temperaturas</b> (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.
<b>Altas temperaturas</b> (T° ambiente > 70 °C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición, se mantiene la actividad microbiana pero no lo suficiente para a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55% – 60%).  Adición de material como (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

○ **Humedad.**

La humedad es un parámetro muy importante para los microorganismos porque, como todo ser vivo, utilizan el agua como medio para transportar nutrientes y elementos energéticos a través de las membranas celulares. El contenido de humedad óptimo del compost se sitúa en torno al 55%, aunque varía en función de la condición física y el tamaño de las partículas y del sistema utilizado para elaborar el compost. Una forma sencilla de controlar la humedad del abono es utilizar la "técnica del puño". (FAO, 2013)

**Tabla 5**

*Parámetros de humedad optima*

<b>Porcentaje de humedad</b>		<b>Problema</b>	<b>Soluciones</b>
< 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
<b>45% - 60% Rango ideal</b>			
> 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 agua y con alto valor de carbono como aserrín, paja u hojas secas.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

○ **Tamaño de Partículas.**

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de las partículas, es decir. para un fácil contacto con el sustrato. Si las partículas son más pequeñas, tienen una superficie específica mayor, lo que facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal del material para iniciar el compostaje es de 5 a 20 centímetros. La densidad del material y por tanto la aireación o retención de humedad de la pila está muy relacionada con el tamaño de las partículas, que ronda los 150-250 kg/m<sup>3</sup>, ya que el tamaño disminuye a medida que avanza el proceso de compostaje y por tanto la densidad aumenta, 600- 700kg/m<sup>3</sup>. (FAO, 2013)

**Tabla 6**

*Parámetros de tamaño de partículas optima*

<b>Tamaño de las partículas</b>	<b>Problema</b>	<b>Solución</b>
<b>&lt; 5cm</b>	Compactación	Las partículas demasiadas finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido de aire, produciendo anaerobiosis.
<b>5 – 30cm Rango ideal</b>		
<b>&gt; 30cm</b>	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.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

- **Factores Químicos**

- **pH.**

El pH del compost depende de la materia prima y cambia en cada etapa del proceso (de 4,5 a 8,5). En las primeras etapas del proceso, el pH se vuelve ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. En la etapa termófila, el valor del pH aumenta a medida que el amonio se convierte en amoníaco y el ambiente se vuelve básico y finalmente se estabiliza en un valor cercano a neutro. La mayor actividad bacteriana se produce a un pH de 6 y 7.5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a un pH de 5,5 a 8,0. El rango ideal está entre 5.8 y 7.2. (FAO, 2013)

**Tabla 7**

*Parámetros de pH optima*

<b>pH</b>	<b>Causas asociadas</b>	<b>Soluciones</b>
<b>&lt; 4,5</b>	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.
		Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N.
<b>4,5 – 8,5 Rango ideal</b>		
<b>&gt; 8,5</b>	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas se producen amoníaco alcalinizando el medio.
		Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

○ **Relación Carbono / Nitrógeno (C/N).**

Este parámetro se refiere a la relación numérica que se obtiene al dividir el contenido de C (% C total) por el contenido de N total (% N total). Sin embargo, este criterio se ha utilizado generalmente para determinar la estabilidad del compost; Cabe señalar que la relación varía con el tiempo dependiendo de las diferentes etapas del proceso de compostaje, desde 25:1 hasta 15: 1. Cabe señalar también que la materia prima a compostar determina el comportamiento de este parámetro, si el sustrato contiene carbono de difícil asimilación, la proporción óptima de este residuo será mayor que el valor anterior. Una proporción baja de C:N en realidad no afecta el proceso, pero puede provocar olores desagradables debido a la pérdida de nitrógeno y la producción de amoníaco. (FAO, 2013)

**Tabla 8**

*Parámetros de relación C:N optima*

<b>C: N</b>	<b>Causas asociadas</b>		<b>Soluciones</b>
<b>&lt; 15:1</b>	Exceso de nitrógeno.	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se genera malos olores por el amoniaco liberado.	Adición de material con mayor contenido de carbono.
<b>15:1 – 35:1 Rango ideal</b>			
<b>&gt; 35:1</b>	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.

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

**Tabla 9***Relación de C:N de materiales más comunes en el compostaje*

<b>Nivel alto de nitrógeno 1:1 - 24:1</b>		<b>C: N equilibrado 25:1 - 40:1</b>		<b>Nivel alto de carbono 41:1 - 1000:1</b>	
<b>Material</b>	<b>C: N</b>	<b>Material</b>	<b>C: N</b>	<b>Material</b>	<b>C: N</b>
Purines frescos	5	Estiércol de vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino / caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

---

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

- **Nitrógeno.**

El nitrógeno, es la fuerza impulsora del crecimiento de las plantas, ya que participa en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen aporte de nitrógeno a la planta también es importante para la absorción de otros nutrientes. (FAO, 2013)

- **Fosforo.**

El fósforo juega un papel importante en la transferencia de energía y es esencial para la eficiencia fotosintética. La mayoría de los suelos naturales o agrícolas son deficientes en fósforo o su pH limita la disponibilidad de fósforo a favor de la inmovilización. (FAO, 2013)

- **Potasio.**

El potasio, juega un papel crucial en la síntesis de carbohidratos y proteínas y por tanto en la estructura de la planta. El potasio mejora el estado hídrico de la planta y aumenta su resistencia a la sequía, las heladas y la salinidad. Las plantas con suficiente potasio son menos susceptibles a las enfermedades. (FAO, 2013)

- **Factores biológicos**

El compostaje es un proceso en el que bacterias, hongos y actinomicetos descomponen la materia orgánica en un ambiente aeróbico. Durante este proceso, se libera dióxido de carbono y la masa del material disminuye. Este proceso reduce y/o elimina patógenos, elimina olores y estabiliza materiales. El compostaje implica diferentes etapas relacionadas con los cambios de temperatura (mesófilo-termófilo-enfriamiento-maduración). (Nova et. Al., 2022)

## E. Compost

El compost es un producto que se obtiene controlando la degradación biológica de los residuos orgánicos en condiciones aeróbicas y termófilas., se caracteriza por ser un material estabilizado, libre de patógenos y fitotóxicos, que mejora las propiedades del suelo (INACAL,2021)

Por lo tanto, el compost es el resultado final de la descomposición de materia orgánica por el cual paso por un proceso biológico, es un fertilizante que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

## F. Calidad del Compost

Una vez finalizado el proceso de compostaje, podemos entender como calidad del producto resultante utilizando varios factores. Esta tabla resume los principales parámetros a considerar:

**Tabla 10**

*Resumen de factores que condicionan la calidad de compost*

<b>Parámetro</b>	<b>Rango ideal al comienzo</b>	<b>Rango ideal en la fase termófila</b>	<b>Rango ideal de compost maduro</b>
<b>Relación C: N</b>	25: 1 – 35: 1	15: 1 – 20: 1	10: 1 – 15: 1
<b>Temperatura</b>	20 °C – 45 °C	65 °C – 75 °C	T° Ambiente
<b>Humedad</b>	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
<b>pH</b>	6.5 – 8.0	8.0 – 9.0	6.0 – 7.5
<b>% de Materia Orgánica</b>	50% - 70%	>20%	>15%

Nota: Información obtenida de FAO, 2013.

### 1.2.2.2. Bioaceleradores del compostaje

- **Levaduras**

Las levaduras son un grupo de microorganismos que pueden realizar procesos metabólicos como crecimiento, producción de energía y reproducción independientemente de otras células, como menciona Oliart et al. (2016), las levaduras son microorganismos dentro de la clasificación de los hongos que juegan un papel muy importante en el medio ambiente porque producen compuestos de alto valor añadido a partir de materiales biológicos sin producir compuestos nocivos para la salud o que tengan un impacto negativo en el medio ambiente con el tiempo, *Saccharomyces cerevisiae* es probablemente el microorganismo más común. Aunque inicialmente no se reconoció del todo la implicación de los microorganismos en la elaboración de diversos productos alimenticios como el pan o las bebidas alcohólicas, según Suárez et al. (2016), su nutrición es heterótrofa, obteniendo energía de la glucosa que presenta una alta capacidad de fermentación.

Las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, juegan un papel clave en el proceso de compostaje debido a su capacidad para descomponer compuestos orgánicos complejos, como polisacáridos presentes en los residuos (celulosa, hemicelulosa, lignina, etc.). Producen enzimas que transforman estos compuestos en glucosa, que es utilizada como fuente de energía. En el compostaje, esta levadura acelera la descomposición de la materia orgánica al facilitar la degradación de los carbohidratos, reduciendo el tiempo total del proceso y produciendo un compost de alta calidad sin generar residuos nocivos para el medio ambiente. (Suárez et al., 2016)

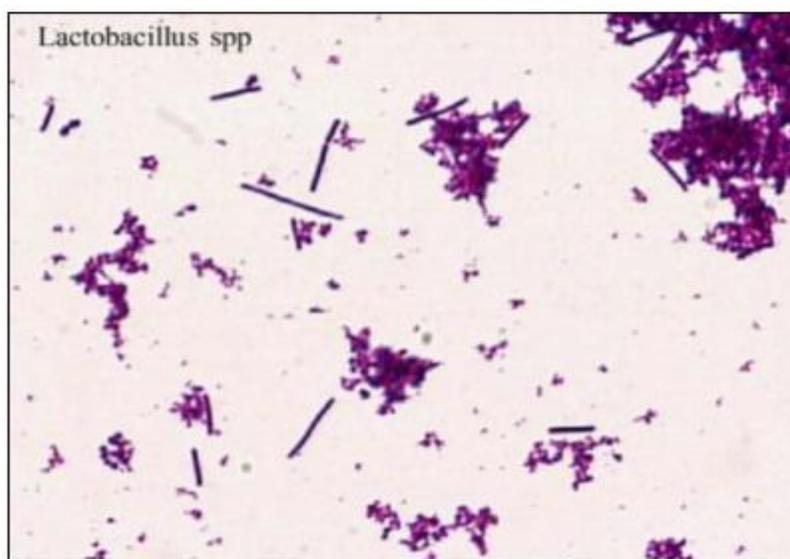
- **Microorganismos Eficaces**

Los microorganismos eficaces, cuya abreviatura en inglés es "EM", son una mezcla de tres grupos comunes de todos los microorganismos naturales que encontramos en el suelo y los alimentos. Los EM incluye:

- Bacterias lácticas (*Lactobacillus spp*) similares a las utilizadas en el yogur y el queso. Las bacterias de este género producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras. A lo largo de los años, la ciencia ha demostrado sus propiedades durante el proceso de fermentación de los alimentos de consumo humano (lácteos, verduras, carnes y productos de panadería, bebidas alcohólicas, etc.). Además, los estudios han demostrado que en su entorno de desarrollo crean condiciones desfavorables para el desarrollo de microorganismos patógenos debido a sus importantes capacidades antagónicas. (Suárez et al., 2016)

### Figura 10

*Lactobacillus spp*

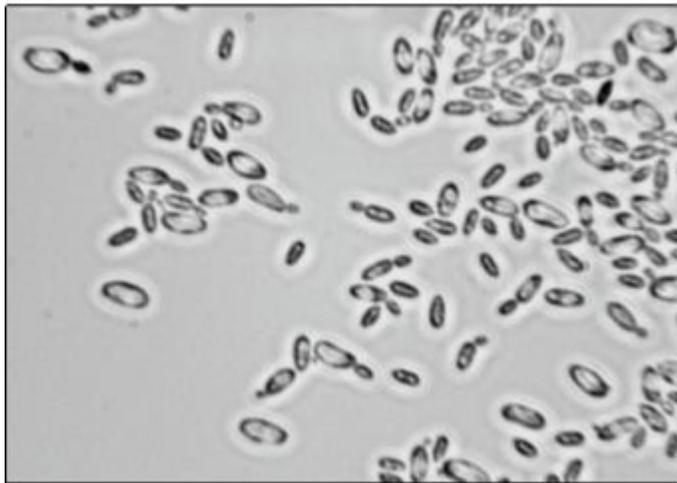


Nota: Imagen obtenida de Rabines y Silva, 2019

- La levadura (*Saccharomyces spp*), por ejemplo, se utiliza para elaborar pan, cerveza o vino. Algunas especies de levaduras del género *Saccharomyces* son capaces de realizar procesos de fermentación, los cuales se han utilizado durante muchos años en la producción de alimentos y bebidas alcohólicas. Muy útil para el crecimiento de las plantas, derivado de aminoácidos y azúcares liberados por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de las plantas.

### Figura 11

*Saccharomyces spp*



Nota: Imagen obtenida de Coelho, 2013

- Bacterias fototróficas o fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp*). Que a menudo se encuentran en el suelo y raíces de las plantas. Las bacterias del género *Rhodospseudomonas* se denominan bacterias fotosintéticas o bacterias fototróficas. Estas bacterias utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía para sintetizar sustancias útiles a partir de exudados de raíces, materiales orgánicos y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno). La especie más común de este género presente en microorganismos

eficaces en EM es *Rhodopseudomonas sphaeroides*, una bacteria facultativa que obtiene alimento de forma heterótrofa o fototrófica.

Estos microorganismos son inofensivos, no tóxicos y no están modificados genéticamente por el hombre; al contrario, son naturales, beneficiosos y altamente efectivos. El descubrimiento del Dr Higa es encontrar una salida para estos tres grupos y pueden coexistir formando una combinación con efectos sinérgicos, es decir la misión del equipo es mayor que la suma de sus miembros individuales. (BID, 2009).

- **Trichodermas.**

Los hongos son una solución real que reduce el tiempo de compostaje y mejora las propiedades del compost. Muchos hongos han sido identificados como organismos lignocelulósicos, incluidos *Basidiomycetes*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurochaete chrysanthemi*, *Pleurotus ostreatus* y *Ascomycetes*, *Kojima nigricans*, *Trichoderma harzianum*, *T. Reesei*, *T. pseudokoningii*, *Fusarium oxysporum* entre otros. Trichoderma es un hongo ampliamente utilizado en el compostaje debido a su capacidad para degradar lignina y celulosa, componentes clave de los residuos orgánicos. Las especies de este género descomponen la materia lignocelulósica mediante la producción de enzimas que descomponen las moléculas complejas en moléculas simples. Este proceso acelera el compostaje al mejorar la disponibilidad de nutrientes. Además, los trichodermas absorben nutrientes como hierro y nitrógeno, que son esenciales para la síntesis de enzimas que favorecen la degradación de residuos, generando un compost de mejor calidad. (Artemio et al., 2018)

### 1.2.3. Diagnóstico de residuos sólidos municipales del distrito de Sicuani

El distrito de Sicuani genera alrededor de 48.9 Tn diariamente de residuos sólidos, de los cuales el 22.5 Tn aproximadamente corresponde a Residuos Orgánicos. La Generación Per Capital municipal equivale a 0,83 Kg/Hab/Día del total. A continuación, se presenta la composición de los distintos tipos de residuos municipales producidos en el distrito..

**Tabla 11**

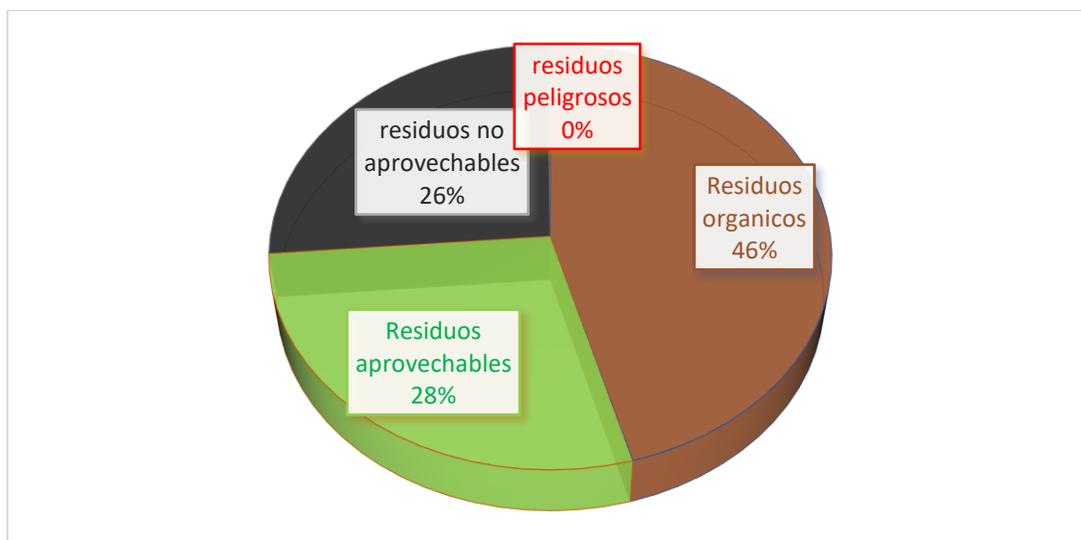
*Composición de residuos sólidos del distrito de Sicuani*

<b>Tipos de residuos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Residuos orgánicos	45.7
Papel	3.9
Cartón	4.8
Vidrio	4.0
Plástico	10.7
Tetra brik	0.4
Metales	1.9
Textiles	1.6
Caucho, cuero, jebe	0.7
Bolsas de un solo uso	4.7
Residuos sanitarios	10.7
Pilas	0.2
Tecnopor	0.9
Residuos inertes	4.6
Restos de medicamentos	0.1
Envolturas de snacks	1.7
Otros no categorizados	3.2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Nota: Datos obtenidos de Estofanero, 2022.

**Figura 12**

*Composición general de residuos sólidos del distrito de Sicuani*



Nota: Datos obtenidos de Estofanero, 2022.

En la figura 12 se muestra la cantidad de residuos sólidos generados en el distrito de Sicuani, siendo los residuos orgánicos los que tienen el mayor porcentaje, con un 46%.

Al entender la producción de residuos sólidos orgánicos, la cantidad producida por persona para cada tipo de residuos sólidos y su destino final, estos bioaceleradores pueden ser empleados para desarrollar e implementar propuestas sobre compostaje.

#### **1.2.4. Marco Legal**

- **La Constitución Política Del Perú**

Artículo 2.- Toda persona tiene derecho:

22. A la paz, tranquilidad, disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Artículo

195. Los gobiernos locales promueven el desarrollo y la economía local, y prestación de los servicios públicos de su responsabilidad, en armonía con la políticas y planes naciones y regionales de desarrollo.

195.8. Desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia de educación, salud, vivienda, saneamiento, medio ambiente, sustentabilidad de los recursos naturales, transporte colectivo, circulación y tránsito, turismo, conservación de monumentos arqueológicos e históricos, cultura, recreación y deporte, conforme a ley.

- **Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611**

Artículo 119.- Del manejo de los residuos sólidos.

119.1 La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales.

119.2 La gestión de los residuos sólidos distintos a los señalados en el párrafo precedente son de responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

- **Decreto Legislativo 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.**

Artículo 51.- Valorización de los residuos orgánicos municipales.

Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de áreas verdes y mercados municipales, así como, de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario. Los programas de parques y jardines de las municipalidades son beneficiarios prioritarios del compost, humus o biochar producido con los residuos orgánicos que se generan a partir del servicio de limpieza pública. En caso de excedentes estos podrán ser destinados a donación en general o intercambio con otras municipalidades.

- **Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278.**

Artículo 66.- Actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales:

Las actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales se pueden realizar en plantas de valorización o en las instalaciones del generador no municipal.

Artículo 103. Plantas de valorización de residuos sólidos:

Las plantas de valorización son infraestructuras donde se realizan la siguiente operación: Uso de residuos orgánicos para el desarrollo de compostaje

- **Decreto Legislativo 1501, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.**

Artículo 34.- Segregación en la fuente

Los generadores de residuos municipales se encuentran obligados a entregar los residuos debidamente segregados a asociaciones de recicladores formalizados u operadores de residuos sólidos debidamente autorizados o a las municipalidades que presten el servicio.

Artículo 37.- Valorización

La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Dicha operación consiste en la transformación química y/o biológica de los residuos sólidos, para constituirse, de manera total o parcial, como insumos, materiales o recursos en los diversos procesos; así como en la recuperación de componentes o materiales, establecida en la normativa.

- **Decreto Supremo N° 001-2022 MINAM, Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1501**

Artículo 10.- Planes de Gestión de residuos Sólidos municipales

El Plan Provincial de Gestión de Residuos Sólidos Municipales y el Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos Municipales son instrumentos de planificación en materia de residuos sólidos de gestión municipal. Estos instrumentos tienen por objetivo generar las condiciones necesarias para una adecuada, eficaz y eficiente gestión y manejo de los residuos sólidos, desde la generación hasta la disposición final.

Artículo 19.- Segregación de residuos sólidos municipales

19.2. El Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos implementado por las municipalidades, debe contemplar, entre otros aspectos, los procesos necesarios para facilitar la segregación de residuos sólidos municipales en la fuente de los generadores de su jurisdicción

Artículo 37.- Infraestructuras de valorización

Las municipalidades pueden implementar infraestructuras de valorización material o energética de residuos sólidos municipales, las cuales deben cumplir con las características establecidas en el artículo 105 del presente Reglamento.

- **Decreto Supremo. N° 005-2010-MINAM Reglamento de la Ley N° 29419 Ley que Regula la Actividad de los Recicladores.**

Artículo 4.- Definiciones

4.3 Compost. - Mejorador del suelo que se obtiene a partir de la descomposición controlada de los residuos sólidos orgánicos con presencia de oxígeno y humedad.

4.4 Manejo de residuos sólidos. - Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final.

4.5 Minimización. - Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

4.6 Organización de recicladores con personería jurídica. - Personas naturales que convienen en agruparse para realizar la labor de reciclaje, constituyéndose en asociación o MYPE, formalizando su inscripción en los Registros Públicos.

- **Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM Resolución por la cual se aprueba el “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PLANRES 2016-2024.**

El Plan Nacional de Gestión integral de Residuos Sólidos es un instrumento de planificación para el periodo 2016 - 2024, cuya elaboración ha sido conducida por el MINAM para articular adecuadamente los esfuerzos hacia la mejora de la gestión integral de residuos sólidos a nivel nacional, a través de lineamientos de política, ejes estratégicos e indicadores.

- **Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.**

Artículo 80.- saneamiento, salubridad y salud

80.2. Funciones específicas compartidas de las municipalidades provinciales:

80.2.1. Administrar y reglamentar directamente o por concesión el servicio de limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando por economías de escala resulte eficiente centralizar provincialmente el servicio.

80.4.1. Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

- **NTP 201.208 (Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos).**

Aprobado con R.D. N° 017-2021-INACAL/DN, Esta Norma Técnica Peruana establece las condiciones de compost a partir de residuos orgánicos municipales y se aplica al compost obtenido.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1.UBICACION

##### 2.1.1. *Política*

El área de estudio se encuentra ubicado en:

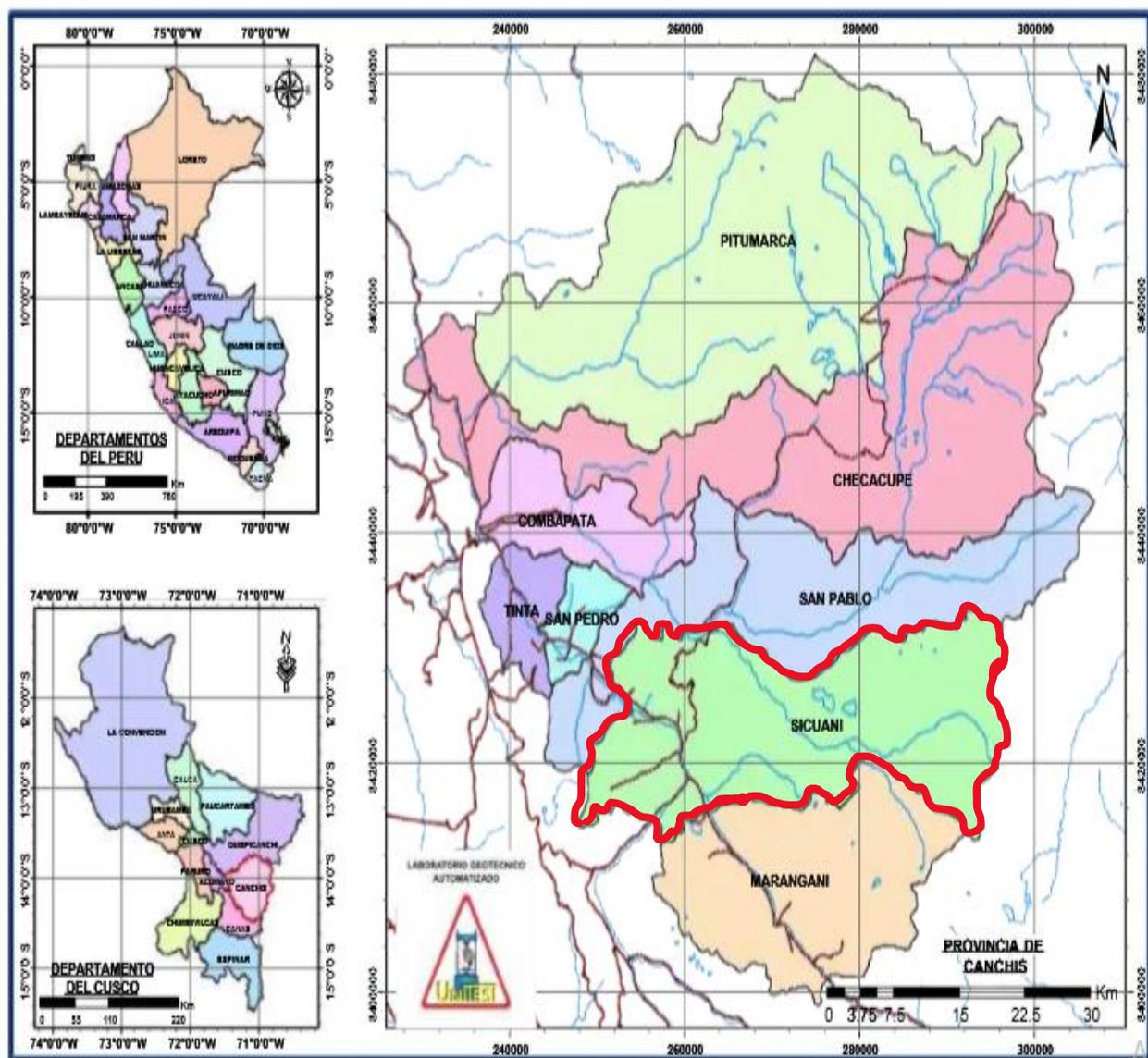
- **Región:** Cusco
- **Provincia:** Canchis
- **Distrito:** Sicuani
- Infraestructura de valorización de residuos orgánicos - Sicuani.

##### 2.1.2. *Geográfica del distrito de Sicuani*

- **Norte:** Distrito San Pablo
- **Sur:** Distrito Marangani
- **Este:** Distrito Nuñoa (Departamento Puno)
- **Oeste:** Distrito San Pedro y Langui
- **Latitud:** 14°16'9.98"S
- **Longitud:** 71°13'34"O
- **Altitud:** 3593 m.s.n.m.
- **Extensión:** 645.9 km<sup>2</sup>

Figura 13.

Mapa político de la Provincia de Canchis.



Fuente: INEI, 2023

**Figura 14.**

*Ubicación de la infraestructura de valorización del distrito de Sicuani*



### **2.1.3. Accesibilidad**

Para acceder a la infraestructura de valorización municipal en el distrito de Sicuani, se toma la carretera Sicuani - Cusco hasta llegar a la comunidad campesina de Pampaphalla, donde se encuentra la infraestructura en la misma vía, el recorrido es unos 15 minutos hasta llegar a la infraestructura recorriendo un total de 4.8 km.

### **2.1.4. Geología**

El paisaje del valle de Sicuani es dominado por el valle del Vilcanota que atraviesa de SE a NW, que forma una estrecha vertiente bastante empinadas en ambos flancos. En su geología encontramos el Grupo Ambo, el Grupo Mitou, la Formación Cabanillass, Formación Cotacucho Muñani y con un piso de valle constituido por material cuaternario. (Zavaleta y Paucar, 2015)

### **2.1.5. Hidrología**

El distrito de Sicuani cuenta con un potencial hídrico conformado por diversos ríos, lagunas, charcos, riachuelos, manantiales, deshielos, aportes subterráneos y otros cuerpos de agua que constituyen la cuenca del Vilcanota alto y Hercca como cuencas principales, también presenta 18 tributarios aportantes en las que destacan Capillani, Torcoma y Tumapata, (SIGRID, 2005)

### **2.1.6. Suelo**

La capacidad de uso mayor de las tierras para el distrito de Sicuani en mayor parte es de producción agrícola que generalmente abarca las zonas más bajas o de valle, con un mayor potencial de producción y un menor nivel de riesgo.

### 2.1.7. Clima

El clima del distrito de Sicuani es generalmente semiseco y semifrío, en el distrito destacan dos estaciones marcadas, secas y húmedas. La temperatura máxima promedio se encuentra a 12.16°C. y la cantidad de precipitaciones mayor es en el mes de marzo, alcanzando los 125,7 mm.

**Tabla 12**

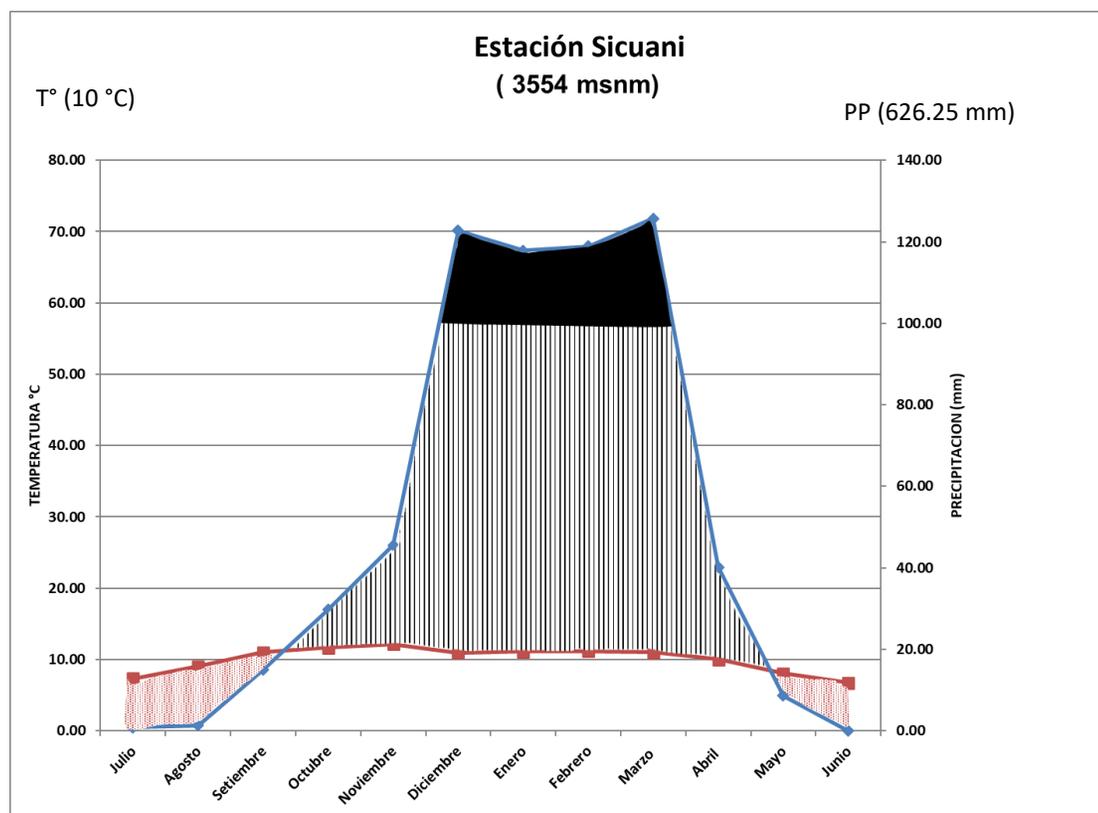
*Datos de la temperatura y precipitación de la estación meteorológica distrito de Sicuani. (2019 – 2023)*

MESES	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm/mes)
<b>Julio</b>	7.32	0.83
<b>Agosto</b>	9.03	1.25
<b>Setiembre</b>	10.98	14.95
<b>Octubre</b>	11.67	29.73
<b>Noviembre</b>	12.16	45.55
<b>Diciembre</b>	10.96	122.78
<b>Enero</b>	11.11	117.80
<b>Febrero</b>	11.13	118.92
<b>Marzo</b>	11.00	125.73
<b>Abril</b>	9.99	40.13
<b>Mayo</b>	8.01	8.58
<b>Junio</b>	6.69	0.00
<b><math>\bar{x}</math> ANUAL</b>	<b>10.00</b>	
<b><math>\Sigma</math> ANUAL</b>		<b>626.25</b>

Nota: Datos obtenidos de SENAMHI, 2023

**Figura 15.**

*Climatodiagrama de la estación meteorológica de Sicuani (2019 – 2023)*



En la figura 15 se muestra el climatodiagrama del distrito de Sicuani sustraído del año 2019 al 2023. La temperatura anual promedio es de 10 °C, la precipitación anual es de 626.25 mm/año; el periodo de lluvias se observa desde mediados de noviembre hasta fines de marzo donde la precipitación supera los 100 mm/año, entre a fines de setiembre hasta mediados de mayo se muestra el periodo de bajas precipitaciones y entre mediados de mayo hasta fines de setiembre se muestra periodo de secas, con una precipitación nula en junio.

## 2.2.Materiales

### **Campo.**

- Saquillos
- Palas
- Rastrillos
- Cinta métrica
- Vasos de plástico
- Baldes
- Machete
- Jarra de plástico
- Bolsas ziploc
- Balanza
- Termómetro digital modelo LDT-3305
- Medidor de Ph marca Orion Star A321 Thermo Scientific
- Higrómetro marca Boeco, modelo CTH609

### **Bioaceleradores.**

- Residuos Orgánicos (restos de cocina, verdura, fruta y estiércol de ganado)
- 250ml de Microorganismos eficientes, EM – Compost (*Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* y *Rhodopseudomonas spp*).
- 250g de Trichodermas (*Trichoderma spp*).
- 250g de Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).
- Melaza
- Agua sin cloro

**Equipos de protección.**

- EPPs

**Equipo de Gabinete.**

- Computadora
- Excel
- ArcGIS.11
- SIG
- SPSS
- Libreta de apuntes
- Útiles de escritorio

## **2.3. Metodología.**

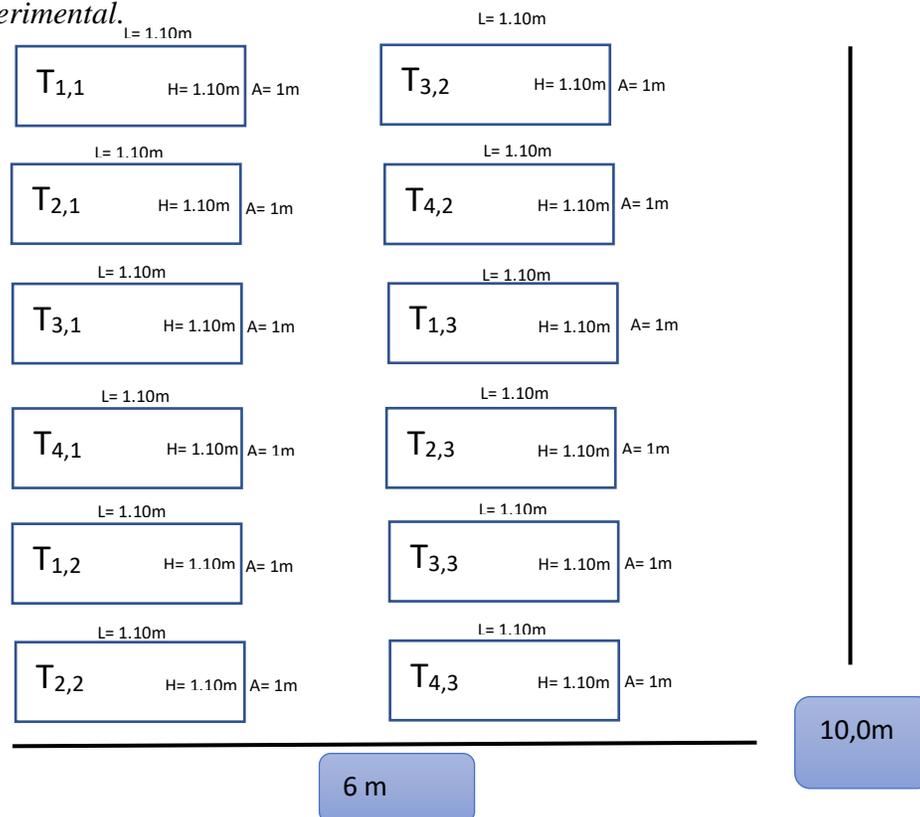
### **2.3.1. Tipo de investigación**

El estudio realizado se enmarca en una investigación de tipo experimental y transversal.

### **2.3.2. Evaluación del proceso de compostaje usando bioaceleradores en relación a la temperatura, pH y humedad**

#### **2.3.2.1. Diseño Experimental.**

El diseño experimental se elaboró en un área de 10 m de largo por 6 m de ancho para los cuatro tratamientos, en bloques, se instaló los tratamientos con sus respectivas repeticiones. Como se muestra a continuación:

**Figura 16***Croquis Experimental.*

Donde:

T1 = Testigo, constituido por Residuos Orgánicos y Estiércol, sin bioacelerador

T2 = Tratamiento con levadura, constituido por Residuos Orgánicos y Estiércol con bioacelerador levadura

T3 = Tratamiento con Trichoderma, constituido por Residuos Orgánicos y Estiércol con bioacelerador Trichoderma

T4 = Tratamiento con EM constituido por Residuos Orgánicos y Estiércol con bioacelerador EM – Compost.

### 2.3.2.2. Materia prima para los diferentes tratamientos en el proceso de compostaje

En el presente trabajo de investigación se consideró a utilizar los residuos orgánicos que llegan a la infraestructura de valorización de manera interdiaria, proveniente de 4 mercados del distrito, Mercado Bombonera, Mercado Central, Mercado Hatun Phalla,

Mercado Mayorista de San Isidro, camal municipal y barrios pilotos que participan del programa de recolección selectiva de residuos sólidos, Urbanización Magisterial y la Urbanización Mayupampa para obtener la cantidad en Kg que llega a la infraestructura de valorización se utilizó el método Gravimétrico.

Un aspecto importante es la mezcla de material para alcanzar una relación C: N adecuada, se consideró realizar un cálculo para obtener un resultado entre 20 y 25 de relación C: N los cuales se considera óptimos para iniciar un proceso acelerado de compostaje (FAO, 2013).

La fórmula a seguir es:

### 2.3.2.3. Cálculo de la relación C/N por pila de compostaje.

Para el cálculo de la relación Carbono / Nitrógeno se utilizó la siguiente formula:

$$R = \frac{Q1 \times C1 \times (100 - M1) + Q2 \times C2 \times (100 - M2) + \dots + Qn \times Cn \times (100 - Mn)}{Q1 \times N1 \times (100 - M1) + Q2 \times N2 \times (100 - M2) + \dots + Qn \times Nn \times (100 - Mn)}$$

Nota: Formula obtenida de FAO (2013)

Donde:

Q = Viene hacer la cantidad de componentes a compostar

C= Es el porcentaje de Carbono total

N= Es el porcentaje de Nitrógeno total

M= Es el porcentaje de Humedad

#### **2.3.2.4. Activación de los Bioaceleradores**

##### **A. Levadura.**

Para activar el bioacelerador levadura se realizó según la metodología recomendada por Rivera et. al., (2020) que fue el siguiente:

- Disolver 1 kg de melaza de caña de azúcar, ligera oscura de sulfito en 18 litros de agua a 35 a 40 °C sin cloro.
- Añadir 1kg de levadura removiendo para mezclar con la melaza.
- Seguidamente se almaceno en un balde hermético de 20L y se mantuvo bajo sombra durante 7 días.

La dosis del acelerador (levadura) una vez activado fue aplicado en el tratamiento 2 mediante una regadera con 6L del acelerador a cada una de las 3 repeticiones.

##### **B. Trichoderma.**

Para activar el bioacelerador trichoderma se aplicó la metodología recomendada por el establecimiento que proporcionó el producto el cual indica los siguientes pasos para habilitarlos.

- Se disolvió 1 kg de trichodermas en 18 litros de agua sin cloro (agua de manante)

La dosis del acelerador (trichoderma) una vez activado fue aplicado en el tratamiento 3 mediante una regadera con 6L del acelerador a cada una de las 3 repeticiones.

##### **C. EM - Compost.**

Para activar el bioacelerador EM - compost se aplicó la metodología recomendada por el establecimiento que proporcionó el producto el cual indica los siguientes pasos para habilitarlos.

- Se disolvió 1kg de melaza de caña de azúcar, ligera oscura de sulfito en 18 litros de agua a 35 a 40 °C sin cloro
- Se añadió 1L de EM – Compost removiendo para mezclar con la melaza.
- Almacenar en un balde hermético de 20L y mantener bajo sombra durante 7 días.

La dosis del acelerador (EM - Compost) una vez activado fue aplicado en el tratamiento 4 mediante una regadera con 6L del acelerador a cada una de las 3 repeticiones.

#### **2.3.2.5. Instalación de las pilas.**

Para formar las pilas de compostaje se utilizó la cantidad de residuos orgánicos obtenido del cálculo de la relación C/N seguidamente el material a compostar se amontono por capas y se mezclaron, a medida que se iban humedeciendo se añadió el acelerador, para eso anteriormente los residuos orgánicos se picaron, reduciendo su tamaño a unos 5 centímetros, logrando obtener una uniformidad que facilito el manejo, una adecuada mezcla y una descomposición más rápida, una vez instalado la pila se realizó la verificación de la humedad sea el adecuado.

#### **2.3.2.6. Aireación.**

El proceso de compostaje en pilas es un proceso aerobio, por lo que se realizó el aporte de oxígeno a las pilas mediante el método del volteo.

Recomienda la FAO (2013) realizar el volteo observando las características durante el proceso de compostaje como la temperatura y la humedad, en el presente estudio de investigación, el proceso de aireación se realizó interdiario durante las primeras semanas debido a la alta temperatura y la poca humedad que presentaba las pilas de compostaje, luego pasamos a un volteo semanal.

### **2.3.2.7. Monitoreo de parámetros durante el proceso de compostaje**

La evaluación de parámetros en el proceso de compostaje se realizó in situ como se detalla en lo siguiente:

#### **Temperatura (°C).**

La temperatura se comprobó con un termómetro digital de modelo LDT3305 el cual se realizó la medición del parámetro desde la formación de la pila de compostaje hasta su finalización. Las mediciones de temperatura se realizan en 3 puntos: 10, 20 y 30 cm de profundidad, así mismo la medición de temperatura se realizó todos los días. (FAO, 2013)

#### **Potencial de Hidrogeniones (pH).**

El pH se comprobó con un potenciómetro digital de marca (Orión Star) una vez por semana desde la primera semana de formación de la pila de compostaje hasta la última semana de su finalización, el monitoreo del pH consistió en sacar muestras de diferentes partes de la pila tanto de la superficie como a 30 cm de profundidad en un vaso con agua destilada, se homogenizo durante 5 min y seguidamente se introdujo el electrodo del potenciómetro

#### **Humedad.**

La humedad se comprobó con un Termo-Higrómetro digital de marca BOECO el cual se midió directamente en la pila y también se aplicó la técnica de puño cerrado que consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material posteriormente apretar y abrir la mano. El material debe quedar compacto, pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe añadir material seco, si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua. Cabe mencionar que las pilas de compostaje se mantuvieron en un ambiente bajo techo

para evitar la pérdida de humedad por la temperatura y la luz solar de la mañana y las bajas temperaturas de la noche que pueden ocasionar el menor impacto posible en el proceso de compostaje.

**Tabla 13.**

*Parámetros evaluados durante el proceso de compostaje.*

	<b>Parámetros</b>	<b>U.M.</b>	<b>Límite Máximo</b>
<b>Temperatura</b>	Fase mesófila	°C	20 - 45
	Fase termófila	°C	45 - 60
	Fase de enfriamiento	°C	45 – T° ambiente
	Fase de maduración	°C	T° ambiente
<b>pH</b>	Fase mesófila		4,5 – 8,0
	Fase termófila		6,0 - 8,5
	Fase de enfriamiento		6,0 – 8,5
	Fase de maduración		6,5 – 8,5
<b>Humedad</b>	Fase mesófila	%	50 - 60
	Fase termófila	%	45 - 60
	Fase de enfriamiento	%	45 - 55
	Fase de maduración	%	30 - 40

Nota: Datos obtenidos de FAO, 2013

**Método de los análisis estadísticos con los datos obtenidos.**

Los resultados obtenidos durante el proceso compostaje se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA). técnica que permite comparar las varianzas entre las medias de diferentes muestras. Lo cual permite determinar si la media es la misma en todos los grupos.

$$H_0: u_1 = u_2 = u_3 \dots = u_k$$

$$H_1: u_i = u_j$$

Donde:

H<sub>0</sub>: Indica igualdad de los promedios en todos los grupos de estudio

H<sub>1</sub>: Indica la existencia de una media al menos diferente

Debido a que la prueba ANOVA identifica diferencias, pero no muestra qué tratamientos difieren, las comparaciones se hicieron utilizando la prueba Tukey, que proporciona grupos iguales de los tratamientos y diferencias a pares.

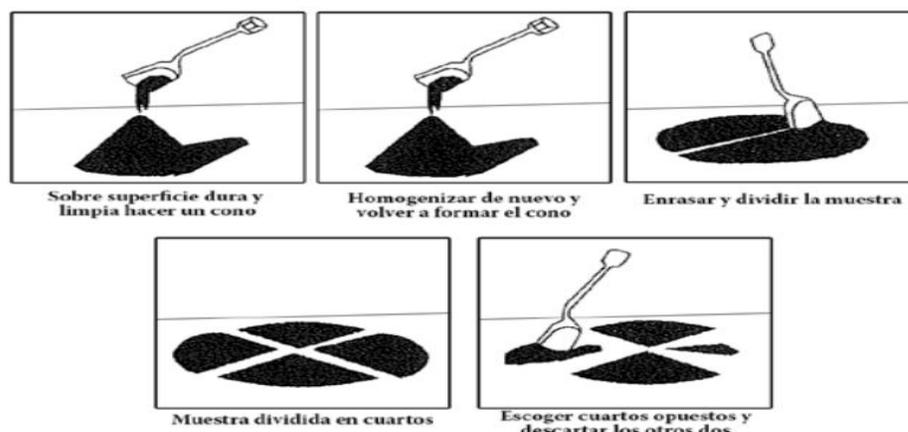
### 2.3.3. Evaluación del efecto de bioaceleradores en el compost respecto al tiempo y calidad.

Para los análisis, de los distintos tratamientos, Levaduras, EM – compost y Trichodermas se utilizó el método del cuarteo, para los análisis en el laboratorio, se siguió los siguientes pasos:

- Se tomo muestras del compost maduro de las tres repeticiones de cada tratamiento
- Mezclado de todas las repeticiones por tratamiento
- Formación de un cono y división de las muestras en cuatro partes similares
- Separación de 2 de las partes de la muestra
- Mezclado de las otras 2 partes de la muestra
- Nuevamente formación de un cono y división en 4 partes similares
- Separación de 2 de las partes de la muestra
- Mezclado de las otras 2 partes de la muestra
- Finalmente, se colocó 1 kg de muestra en una bolsa Ziploc debidamente identificada para su posterior análisis.

**Figura 17**

*Método del cuarteo*



Nota: Elizondo y Jimenes, 2016

### 2.3.3.1. Análisis del compost maduro

- Físico - Químico

#### Toma de muestra.

Se seleccionó 1Kg de muestra representativa después de haber realizado el método del cuarteo previamente rotulado para ser trasladados al laboratorio de análisis Físico químico QUIMICALAB.

**Tabla 14**

*Parámetros y métodos para el análisis físico, químico del compost maduro.*

<b>Parámetros</b>	<b>Método</b>
<b>Humedad</b>	TMECC 03.09
<b>pH</b>	TMECC 04.11
<b>Fósforo p<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (total)</b>	TMECC 04.03 - I
<b>Potasio K<sub>2</sub>O (total)</b>	TMECC 04.01 - I
<b>Nitrógeno (total)</b>	TMECC 04.02 - D
<b>Magnesio (total)</b>	TEMECC 04. 05-4
<b>Calcio (total)</b>	TEMECC 04. 05 - 5
<b>Conductividad Eléctrica</b>	TMECC 04.10
<b>Materia Orgánica</b>	TMECC 05.07 – A
<b>Relación Carbono / Nitrógeno</b>	TMECC 05.07 –A1

Nota: NTP 201.208.2021

- **Metales Pesados**

**Toma de muestra.**

Se seleccionó 1Kg de muestra representativa de compost requerido para el análisis de Metales Pesados después de haber realizado el método del cuarteo, previamente rotulados para ser trasladados al laboratorio QUIMICALAB.

**Tabla 15**

*Parámetros y métodos para los análisis de metales pesados del compost maduro.*

<b>ENSAYO</b>	<b>METODO</b>
<b>Cobre</b>	Espect ICP- MS
<b>Zinc</b>	Espect ICP- MS
<b>Arsénico</b>	Espect ICP- MS
<b>Mercurio</b>	Espect ICP- MS
<b>Cadmio</b>	Espect ICP- MS
<b>Cromo</b>	Espect ICP- MS
<b>Plomo</b>	Espect ICP- MS
<b>Níquel</b>	Espect ICP- MS
<b>Bario</b>	Espect ICP- MS

Nota: NTP. 201.208 – 2021.

- **Microbiológicos**

**Toma de muestra.**

Se seleccionó 1Kg de muestra representativa de compost requerido para el análisis microbiológico después de haber realizado el método del cuarteo, previamente rotulados para ser trasladados al laboratorio de análisis microbiológico LAASA LAB.

**Tabla 16**

*Parámetros y métodos para los análisis microbiológicos del compost maduro.*

ENSAYO	METODO
<b>Coliformes fecales (CF).</b>	TMECC 07,01 - B
<b>Salmonella sp (S).</b>	TMECC 07.02
<b>Huevos de helminto.</b>	US.EPA modificado, Instituto Pasteur de Lille

Nota: NTP. 201.208 – 2021.

### 2.3.3.2. Calidad del Compost Maduro

Para evaluar el parámetro físico, químico del compost maduro, y asegurar la calidad del mismo, se empleó los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 201.208 - 2021, que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 17**

*Parámetros físico, químicos evaluados para la calidad del compost maduro.*

Parámetros	U.M.	Limite Maximo
<b>Humedad</b>	%	35 – 50
<b>pH</b>		6.5 – 8.5.
<b>Conductividad Eléctrica</b>	dS/m	2 – 4
<b>Materia Orgánica</b>	%	≥ 20
<b>Relación C:N</b>	Proporción	25 – 35
<b>Nitrógeno</b>	%	0.3 – 1.5
<b>Fosforo</b>	%	0.1 – 1
<b>Potasio</b>	%	0.3 – 1
<b>Magnesio</b>	%	0.2 – 0.7
<b>Calcio</b>	%	2 – 6

Nota: Datos obtenidos de la NTP. 201.208 – 2021.

Para evaluar el parámetro con respecto al contenido de metales pesados y asegurar la inocuidad del compost, se utilizó los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 201.208 - 2021, que se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 18.**  
*Estándares de Metales Pesados para el compost maduro*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor máximo (ppm)</b>
<b>Cobre</b>	250
<b>Zinc</b>	1000
<b>Arsénico</b>	15
<b>Mercurio</b>	2
<b>Cadmio</b>	25
<b>Cromo</b>	200
<b>Plomo</b>	150
<b>Níquel</b>	80

Nota: Datos obtenidos de la NTP. 201.208 – 2021.

Para evaluar los parámetros microbiológicos, contenido de patógenos y garantizar la inocuidad del compost, se utilizaron los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana 201.208 - 2021, como se muestra en la tabla:

**Tabla 19.**  
*Estándares microbiológicos para el compost maduro*

<b>Tipo de microorganismos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/g en base seca	<1000
<b>Salmonella spp</b>	Ausente en 25g base seca	Ausente
<b>Huevos de Helmintos</b>	menor 1 en 4g base seca	Ausente

Nota: Datos obtenidos de la NTP. 201.208 – 2021.

## CAPITULO III

### RESULTADOS

#### 3.1. Proceso de compostaje en relación a la temperatura, pH y humedad.

##### 3.1.1. Materia prima para los diferentes tratamientos en el proceso de compostaje

**Tabla 20**

*Cantidad de residuos sólidos recolectados por mercados y barrios pilotos*

LUGARES DE RECOLECCION	DIA 1 (Kg)	DIA 2 (Kg)	DIA 3 (Kg)	TOTAL (Kg)	—
<b>Mercados</b>					
Mercado Bombonera	278	225	341	844	
Mercado Central	183	184	215	582	
Mercado Hatun Phalla	120	120	120	360	
Mercado San Isidro	137	152	248	537	
<b>Barrios Pilotos</b>					
Mayupampa	121	113	147	381	
Magisterio	205	187	221	613	
<b>Camal Municipal</b>					
Estiércol		224		224	
<b>TOTAL</b>	<b>1044</b>	<b>1205</b>	<b>1292</b>	<b>3541</b>	

Como podemos observar en la tabla 20 se muestran los resultados del total de la recolección de la materia prima de los diferentes mercados y barrios pilotos, siendo el mercado Bombonera donde se recolecta en mayor cantidad con un total de 844 Kg y el barrio donde se recolecta más es Magisterio con un total de 613 Kg.

Antes de iniciar con el proceso de compostaje se realizó el pre secado de la materia prima recolectado para facilitar el picado y evitar la formación de lixiviados.

### 3.1.2. Cálculo de la relación C/N para la pila de compostaje

**Tabla 21**

*Cálculo de la relación C/N a utilizar en el proceso de compostaje.*

<b>Materia Prima</b>	<b>Lab. (C/N)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Regla de 3 Simple</b>	<b>Distribuir /100</b>	<b>C/N</b>
Estiércol de vaca	25	70	28.00	0.28	<b>7.00</b>
Hortalizas	37	65	26.00	0.26	<b>9.62</b>
Restos de frutas	50	5	2.00	0.02	<b>1.00</b>
Restos de cocina	14	110	44.00	0.44	<b>6.16</b>
<b>total, de Kg.</b>		<b>250</b>			<b>23.78</b>

Nota: Elaboración propia en base a FAO, (2013)

Como se observa en la tabla 21 se aplicó la fórmula de relación C:N para un óptimo proceso y aceleración del compostaje que se realizó como se detalla a continuación:

- Se registra los residuos y la cantidad de C: N que contiene la materia prima, el cual ya está definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- En Excel se coloca las fórmulas para llevar a cabo el cálculo de la relación C: N.
- Se probó con diversas combinaciones los pesos en Kg de los residuos a utilizar en el Excel el cual realiza los cálculos, en cuanto se obtiene un resultado adecuado se detiene la combinación y se utiliza la cantidad en Kg que obtuvimos a continuación:

Utilizando mayor cantidad de restos de cocina se obtuvo una relación C:N de 23.78 y se estableció la cantidad de materia prima con el que iniciaremos como se muestra a continuación:

### Figura 18

*Cantidad de materia prima utilizado*



Como podemos observar en la figura 18 se utilizó esa cantidad de materia prima con esas proporciones para la formación de las pilas de compostaje haciendo un total de 250 kg para cada tratamiento.

Para hacer compost necesitamos apuntar a la máxima cantidad y diversidad de microbios y esto se logra mezclando los materiales apropiadamente para que tengamos una cierta cantidad de C/N para apoyarlo. Un compost bien formulado en su fase inicial debe tener un balance C/N de 20/1 a 25/1, pero en su fase final debe contener de 10/1 a 15/1.

### 3.1.3. *Instalación de las pilas.*

Para todas las pilas de compostaje se formaron en forma piramidal y se utilizaron 250 kg de residuos orgánicos, 70 kg de estiércol de vaca, diferentes cantidades de hortalizas y restos de cocina. La composición final de las pilas de compostaje se enlista en la figura 19.

### 3.1.4. *Monitoreo de parámetros in situ*

#### 3.1.4.1. **Temperatura**

Las mediciones de temperatura se realizan en 3 puntos: 10, 20 y 30 cm. Los resultados del seguimiento se resumen en la siguiente tabla y figura.

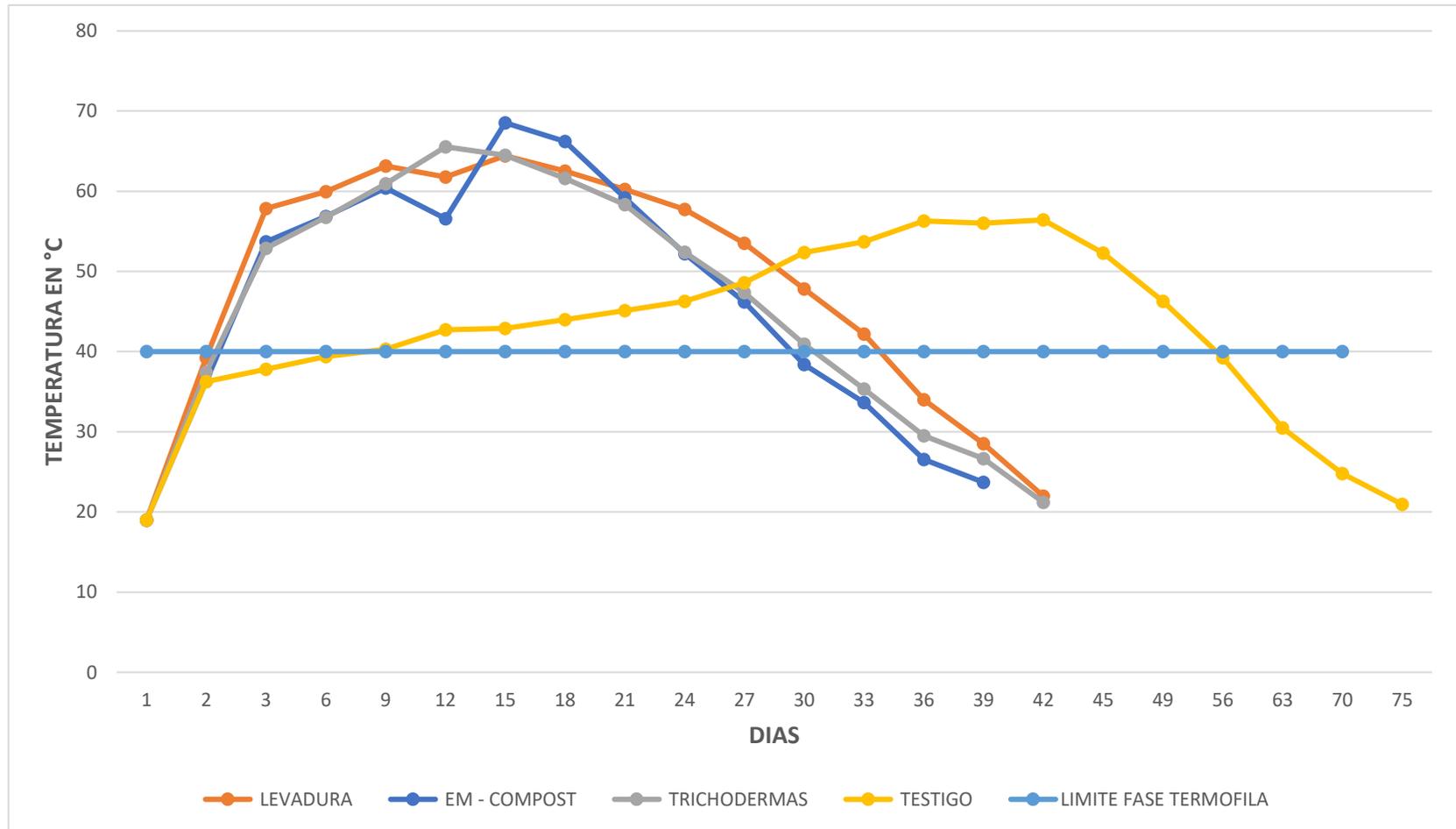
**Tabla 22**

*Temperatura promedio del compost por tratamiento.*

<b>DIAS</b>	<b>TESTIGO °C</b>	<b>LEVADURA °C</b>	<b>TRICHODERMAS °C</b>	<b>EM – COMPOST °C</b>
<b>1</b>	19	19	19	19
<b>2</b>	36.3	39.2	37.4	36.3
<b>3</b>	37.8	57.9	52.9	53.7
<b>6</b>	39.4	60.0	56.8	56.8
<b>9</b>	40.3	63.2	60.9	60.4
<b>12</b>	42.7	61.8	65.5	56.6
<b>15</b>	42.9	64.4	64.5	68.5
<b>18</b>	44.0	62.5	61.6	66.2
<b>21</b>	45.1	60.2	58.3	59.2
<b>24</b>	46.3	57.7	52.4	52.2
<b>27</b>	48.6	53.5	47.4	46.2
<b>30</b>	52.4	47.8	40.9	38.4
<b>33</b>	53.7	42.2	35.4	33.6
<b>36</b>	56.3	34.0	29.5	26.5
<b>39</b>	56.0	28.5	26.7	23.7
<b>42</b>	56.4	22.0	21.2	
<b>45</b>	52.3			
<b>49</b>	46.3			
<b>56</b>	39.2			
<b>63</b>	30.5			
<b>70</b>	24.8			
<b>75</b>	21.0			

**Figura 19.**

*Temperatura promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje*



Según la tabla 22 y figura 19, el promedio de la temperatura de las mediciones realizadas a las pilas de compostaje se evidencia las cuatro fases del proceso de compostaje.

La etapa termófila alcanzo a los 3 días de iniciado el proceso y aplicado los bioaceleradores, el tratamiento con Levadura, EM compost (microorganismos eficaces) y Trichoderma fueron los que alcanzaron los valores más altos siendo de 63.2 °C, 68.6 °C y 65.5 °C respectivamente, por otro lado, el testigo alcanzo a la fase termófila a una temperatura de 56.4 °C. menor a las anteriores. Esto se debe, primordialmente a la actividad de los microorganismos, que tienen por función la de descomposición de la materia orgánica, a su vez están involucrados en la liberación de energía en forma de calor.

Seguidamente; desde el día 23 hasta el día 42, la temperatura bajo gradualmente, hasta llegar a temperatura ambiente. En cuanto al Testigo a los 76 días retorno a la temperatura ambiente. Al presentarse el equilibrio en la gradiente de temperatura, se concluye que el proceso de compostaje se encuentra en su etapa de finalización.

Por lo tanto, los tratamientos con bioaceleradores y testigo lograron alcanzar en la fase termófila una temperatura por encima de 55 °C, por un tiempo de más de 15 días, lo que cumple con las normativas para la eliminación de patógenos.

- **Análisis estadístico de la variación de la temperatura en la fase termófila**

El análisis de variación de temperatura en la fase termófila se encontró diferencias significativas para los tratamientos con sig. 0,0000011 (ver Anexo 1), con un ajuste de modelo R cuadrado de 0,96 y la diferencia significativa de Tukey al 5 % como se muestra a continuación:

**Tabla 23**

*Temperatura promedio del proceso de compostaje en la fase termófila.*

Tratamientos	T° Promedio °C	Desv.	Grupos Tukey 5%	Tiempo de duración de la fase (días)
Testigo	48,2	0,5	B	44
Levadura	57,8	1,2	A	29
Trichoderma	56,2	0,3	A	26
EM - Compost	57,6	0,8	A	25
Valor ideal buscado	Máximo posible			

En la Tabla 23 se muestra la temperatura promedio en la fase termófila, donde se evidencian una diferencia significativa entre los tratamientos, mostrando el efecto de los bioaceleradores en la fase termófila. La temperatura obtenida en el tratamiento T2 (levadura) fue de 57.8°C, la cual fue el valor y significancia más alto entre otros tratamientos, indicando que los microorganismos termófilos fueron más activos en la descomposición de la materia orgánica en este tratamiento. Por otro lado, la temperatura más baja fue para el tratamiento testigo con 48.2 °C.

En cuanto al número de días durante la fase termófila, observamos que el tratamiento T2 (Levadura) con 29 días fue el más efectivo en cuanto a la descomposición de la materia orgánica y eliminación de microorganismos contaminantes, mientras que el testigo (sin bioaceleradores) con 44 días fue el más largo.

- **Análisis estadístico de la variación de la temperatura en la fase de enfriamiento**

El análisis de variación de temperatura en la fase de enfriamiento no se encontró diferencias significativas para los tratamientos con sig. 0,93 (ver Anexo 1), un ajuste de modelo R cuadrado de 0,05 y una diferencia significativa de Tukey al 5 % como se muestra a continuación:

**Tabla 24**

*Temperatura promedio del proceso de compostaje en la fase de enfriamiento.*

<b>Tratamientos</b>	<b>T° promedio</b>	<b>Desv.</b>	<b>Grupos Tukey 5%</b>	<b>Tiempo de duración de la fase (días)</b>
Testigo	28,7	1,8	A	32
Levadura	29,3	2,4	A	13
Trichoderma	29,6	1,7	A	16
EM - Compost	28,6	3,1	A	14
Valor ideal buscado	Mínimo posible			

La Tabla 24 muestra la temperatura promedio durante la fase de enfriamiento. La temperatura obtenida en el tratamiento T3 (trichodermas) es de 29.6 °C, que es el valor más alto, lo que sugiere que los microorganismos mesófilos contribuyen de manera significativa a la estabilización de la materia orgánica y la temperatura promedio más baja obtenida fue el tratamiento 4 (EM - Compost) con 28.6 °C. En cuanto al número de días que duró la fase de enfriamiento, observamos que el tratamiento T2 (levadura) con 13 días tuvo la duración más corta y el testigo con 32 días el más largo, pero estadísticamente fueron similares.

### 3.1.4.2. pH

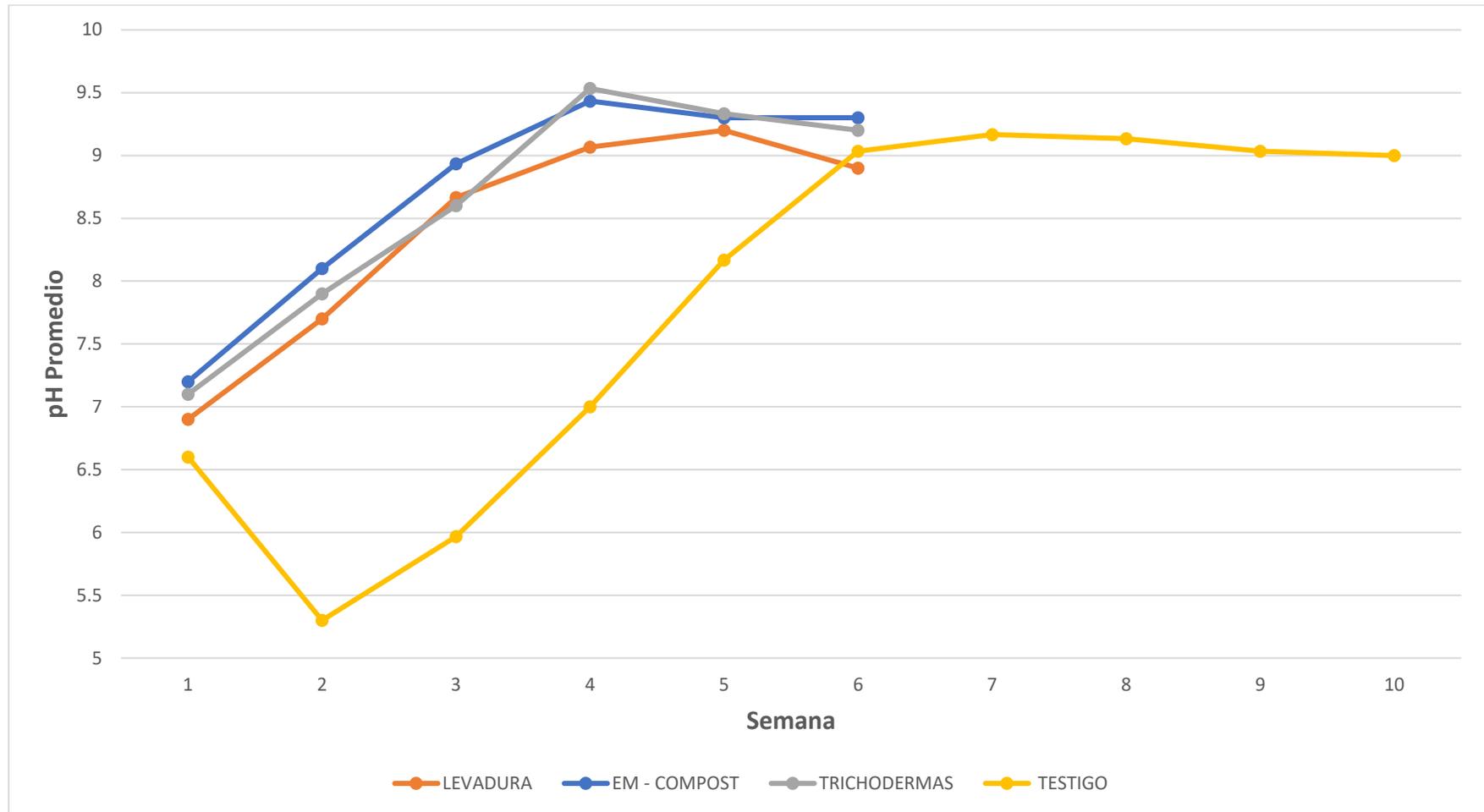
Las mediciones de pH se realizaron por Tratamientos. Los resultados del seguimiento se resumen en la siguiente tabla y figura.

**Tabla 25**

*pH promedio del compost por tratamientos.*

<b>Semana</b>	<b>TESTIGO</b>	<b>LEVADURA</b>	<b>TRICHODERMAS</b>	<b>EM - COMPOST</b>
<b>1</b>	6.6	6.9	7.1	7.2
<b>2</b>	5.3	7.7	7.9	8.1
<b>3</b>	6.0	8.7	8.6	8.9
<b>4</b>	7	9.1	9.5	9.4
<b>5</b>	8.2	9.2	9.3	9.3
<b>6</b>	9.0	8.9	9.2	9.3
<b>7</b>	9.2			
<b>8</b>	9.1			
<b>9</b>	9.0			
<b>10</b>	9.0			

**Figura 20.**  
*pH promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje*



En la tabla 25 y figura 20 se muestra la variación del pH durante el proceso de compostaje, donde a la semana de haber iniciado el proceso no hubo variación significativa excepto por el Testigo en donde en su segunda semanas tuvimos un proceso de descomposición que cambia a un pH ácido debido a que en la primera fase del compostaje se descomponen las proteínas y como resultado genera la formación de amoniaco producto de la actividad bacteriana que son responsables de la liberación del ion amonio y la presencia de ácidos orgánicos que redujeron el pH hasta 5.3 que fue el más bajo seguido de un aumento en el valor de este parámetro.

Sin embargo, en el Tratamiento con Levaduras, EM compost y Trichodermas no se observó una disminución inicial del pH por lo que se concluye que la acidificación ocurrió de manera inmediata y la primera medición de pH se realizó a la semana de haber comenzado el proceso.

#### **Análisis de la variación del pH en la Fase Termofílica**

Al analizar la variación en el valor del pH de la fase termófila se encontró diferencias significativas para los tratamientos con sig. 0,00488 (ver Anexo 1), con un ajuste de modelo R cuadrado de 0,70 y una diferencia significativa de Tukey al 5 % como se muestra a continuación:

**Tabla 26***pH promedio del proceso de compostaje en la fase termofílica*

<b>Tratamientos</b>	<b>pH promedio</b>	<b>Desv.</b>	<b>Grupos Tukey 5%</b>
Testigo	7,4	0,2	B
Levadura	8,2	0,2	A
Trichoderma	8,2	0,3	A
EM - Compost	8,2	0,2	A
Valor ideal buscado	7,5 (6,5; 8,5)		

En la Tabla 26 se muestra el nivel de pH promedio en la fase termófila, donde se evidencia una diferencia entre los tratamientos con bioaceleradores y testigo

Los tratamientos con bioaceleradores tuvieron idéntico valor de pH promedio con 8.2, que fue el valor más alto en comparación con el testigo que tuvo un valor de pH de 7.4, que fue el valor más bajo, fue estadística y significativamente diferente.

#### **Análisis de la variación del pH en la Fase de enfriamiento**

Al analizar la variación en el valor del pH de la fase de enfriamiento no se encontró diferencias significativas para los tratamientos con sig. 0,14 (ver Anexo 1), con un ajuste de modelo R cuadrado de 0,28 y una diferencia de significativa de Tukey al 5 % como se muestra a continuación:

**Tabla 27**

*pH promedio del proceso de compostaje en la fase de enfriamiento.*

<b>Tratamientos</b>	<b>pH promedio</b>	<b>Desv.</b>	<b>Grupos Tukey 5%</b>
Testigo	9,2	0,2	A
Levadura	9,1	0,1	A
Trichoderma	9,3	0,1	A
EM – compost	9,3	0,0	A
Valor ideal buscado	7,5 (6,5; 8,5)		

En la Tabla 27 se muestra el pH promedio de la fase de enfriamiento, donde no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero si numérica.

Los tratamientos T3 (Trichodermas) y T4 (microorganismos eficientes) tuvieron un pH de 9,3, mientras tanto el T2 (levadura) tuvo el pH de 9,01 pero estadísticamente los tratamientos con bioaceleradores y el testigo fueron idénticos.

### 3.1.4.3.Humedad.

De la bibliografía revisada se encontró que el rango ideal al inicio del proceso de compostaje es del 40% al 60%; durante la fase termófila, el rango de humedad debe estar entre el 45% y el 55%, siendo el rango de humedad ideal. El compost maduro debe estar entre el 30 y 40%. La siguiente figura resume los resultados del monitoreo de humedad.

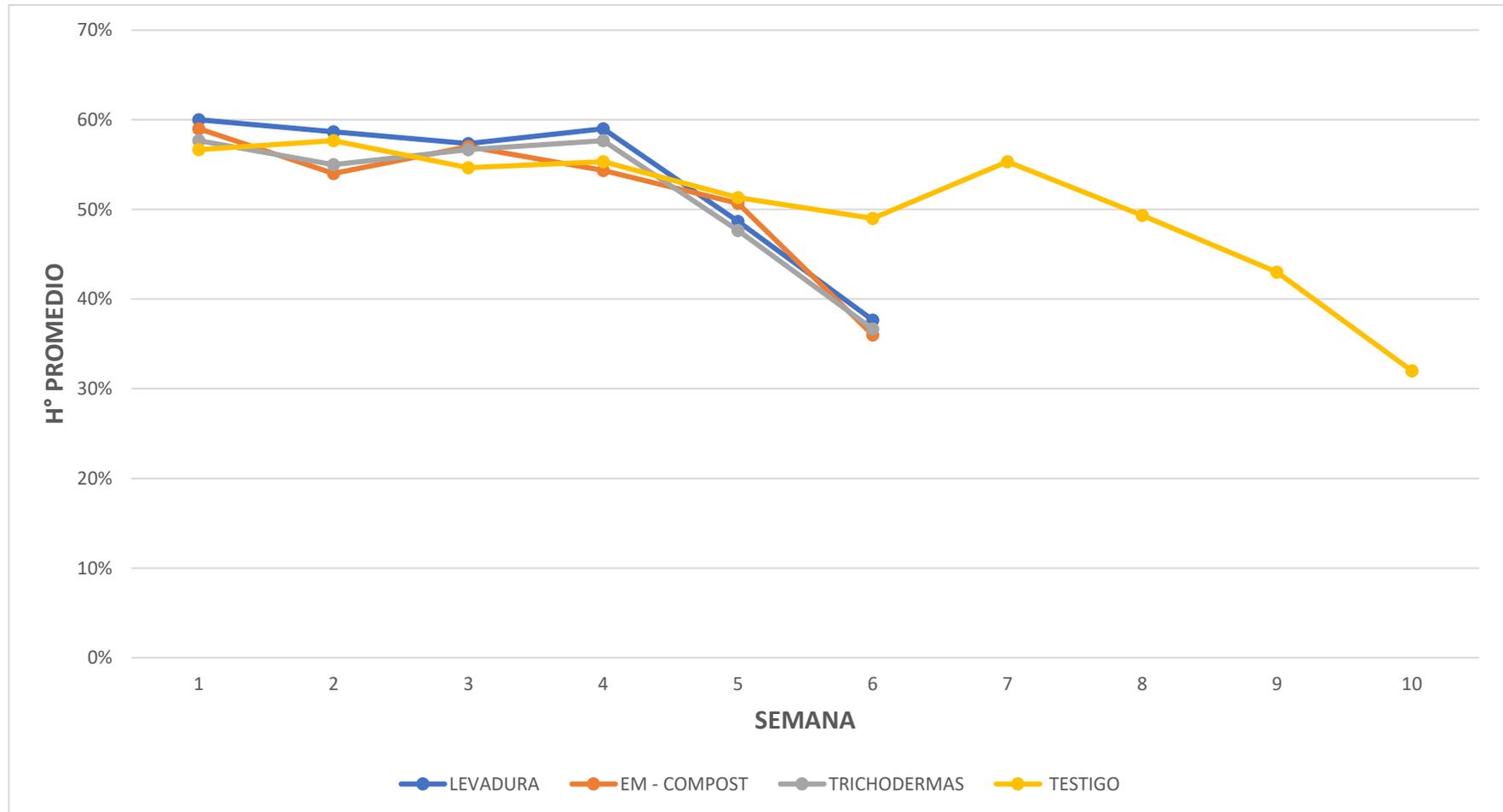
**Tabla 28**

*Humedad promedio del compost por tratamientos.*

<b>SEMANAS</b>	<b>LEVADURA (%)</b>	<b>EM – COMPOST (%)</b>	<b>TRICHODERMAS (%)</b>	<b>TESTIGO (%)</b>
<b>1</b>	60	59	58	57
<b>2</b>	59	54	55	58
<b>3</b>	57	57	57	55
<b>4</b>	59	54	58	55
<b>5</b>	49	51	48	51
<b>6</b>	38	36	37	49
<b>7</b>				55
<b>8</b>				49
<b>9</b>				43
<b>10</b>				32

**Figura 21.**

*Humedad promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje*



En la tabla 28 y figura 21 se observa el control de humedad promedio de las pilas de compostaje en el cual se intentó mantener en un rango de humedad de 40% a 60% durante la fase termófila de acuerdo a la bibliografía revisada. Cabe destacar que la composición de las pilas de compostaje son básicamente residuos sólidos orgánicos y estiércol.

Los cambios porcentuales en la humedad en los diferentes tipos de pilas de compostaje son similares, dando curvas similares para los cuatro tratamientos en las diferentes fases, la termófila con un rango de 40 a 60%, la de enfriamiento se mantuvo en un rango de 30 a 40%, asumiendo que la humedad es un parámetro que está muy relacionado con los microorganismos, porque ellos, como todo ser vivo, utilizan el agua como medio de transporte de nutrientes y elementos energéticos.

### 3.2. Evaluar el efecto de bioaceleradores en el compost respecto al tiempo y calidad.

#### 3.2.1. *Tiempo del Proceso de Compostaje*

**Tabla 29**

*Comparación del tiempo que duró el proceso de compostaje por tratamiento.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo de Proceso de compostaje (Días)</b>
<b>T1 (Testigo)</b>	75
<b>T2 (Levadura)</b>	43
<b>T3 (Trichoderma)</b>	41
<b>T4 (EM – Compost)</b>	37

En la tabla 29 se puede observar el tiempo en el que duro el proceso de compostaje para cada tratamiento, y se observa que los tratamientos T2, T3 y T4 tardaron un promedio de 40 días, mientras que el T1 (Testigo) tardó 75 días, lo que indica que los bioaceleradores tuvo efecto acelerando el proceso.

Los parámetros que se evaluaron al finalizar el proceso de compostaje fueron comparados con la NTP 201.208.2021 cuyos valores nos permitió realizar las siguientes tablas para su interpretación respectiva.

### 3.2.2. Evaluación físico, químico

Según los resultados del análisis del laboratorio se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 30**

*Análisis fisicoquímico del compost maduro.*

Parámetros	Unidad	T 1 Testigo	T2 Levadura	T3 Trichodermas	T4 EM - Compost	Valor Máximo Admisible
<b>FÍSICO</b>						
Humedad	%	22.3	28.1	26.2	27.2	<b>35 – 50</b>
<b>QUÍMICOS</b>						
pH		8.8	8.4	8.6	8.7	<b>6.5 – 8.5</b>
Materia orgánica	%	33.6	29.8	28.7	31.4	<b>≥20</b>
Conductividad Eléctrica	dS/m	12.2	11.4	9.6	10.6	<b>2 – 4</b>
Relación C/N	%	13.3	12.6	10.1	11.3	<b>25/1-35/1</b>
Nitrógeno	%	1.26	1.18	1.42	1.39	<b>0.3 – 1.5</b>
Fosforo	%	1.01	1.17	1.02	1.05	<b>0.1 – 1</b>
Potasio	%	4.16	4.73	4.0	4.19	<b>0.3 – 1</b>
Calcio	%	2.84	2.62	2.45	2.36	<b>2 – 6</b>
Magnesio	%	1.27	1.34	0.95	0.97	<b>0.2 – 0.7</b>

Como se observa en la tabla 30 nos muestra los resultados de los parámetros analizados en el laboratorio comparados con los valores admisibles establecidos por la NTP. 201.208.2021 a continuación, analizaremos cada uno de los parámetros:

- **Humedad**

Para la calidad de humedad de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mínimo de 35 y un máximo de 50% para un óptimo compost. Donde el T2 (levadura) presento el mayor valor de humedad (28.1%), seguido del T4 (EM) (27.2%), T3 (trichoderma) (26.2%) y finalmente el testigo (22.3).

- **pH**

Para la calidad de pH de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208 - 2021 se tiene un rango mínimo de 6.5 y un máximo de 8.5 para un óptimo compost. El presente estudio de investigación solo el T2 se encuentra dentro del rango establecido (8.4), el testigo alcanzo el pH más alto (8.8), seguido del T4 (8.7) y finalmente el T3 (8.6).

- **Materia Orgánica.**

Para la calidad de materia orgánica de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mayor o igual al 20% para un óptimo compost. El presente estudio de investigación se encontró que los tratamientos con levadura, trichoderma, EM y testigo superan el valor mínimo de calidad establecido, los valores fueron 33.6% para el testigo, 29.8% para T2, 28.7% para T3 y 31.4% para T4, debido a que durante el proceso de compostaje, microorganismos, hongos y bacterias descomponen los restos de materiales orgánicos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo aportan materia orgánica al compost (Producto final).

- **Conductividad Eléctrica.**

Para la calidad de conductividad eléctrica de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango máximo de 4 dS/m y mínimo de 2dS/m para un óptimo compost. El presente estudio de investigación el testigo presento el valor más alto (12.2 dS/m)

superando el rango óptimo, los demás tratamientos también superaron el rango óptimo: T2 (11.4 dS/m), T4 (10.6 dS/m) y T3 (9.6 dS/m), debido a que la materia prima utilizado durante el proceso de compostaje presente sales que influyeron en los resultados de laboratorio, según la bibliografía consultada, mencionan que los restos de cocina tienen un elevado porcentaje de sales en su composición.

- **Relación C/N**

Para la calidad de relación C/N de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mínimo de 25/1 para un óptimo compost. El presente estudio de investigación ningún tratamiento alcanzó el valor mínimo de relación C/N establecido. El testigo obtuvo la relación más alta (13.3), seguido de T2 (12.6), T4 (11.3) y T3 (10.1), no obstante, según la bibliografía consultada, indican que un compost de buena calidad debe tener una relación C/N que oscile entre 10/1 a 15/1.

- **Nitrógeno.**

Para la calidad de porcentaje de nitrógeno de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mínimo de 0.3% y máximo de 1.5% para un óptimo compost en el cual todos los tratamientos se encontraron dentro del rango óptimo de nitrógeno establecido, el T3 presentó el mayor valor (1.42%), seguido de T4 (1.39%), el testigo (1.26%) y T2 (1.18%).

- **Fosforo**

Para la calidad de porcentaje de fosforo de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mínimo de 0.1% y máximo de 1% para un óptimo compost. El presente estudio de investigación el T2 superó el valor máximo de fósforo establecido con un valor de 1.17%. Los demás tratamientos se encontraron dentro del rango óptimo: T4 (1.05%), T3 (1.02%) y el testigo (1.01%)

- **Potasio**

Para la calidad de porcentaje de fósforo de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208:2021 se tiene un rango mínimo de 0.3% y máximo de 1% para un óptimo compost. El presente estudio de investigación, todos los tratamientos superaron el rango óptimo de potasio establecido, el T2 obtuvo el valor más alto (4.73%), seguido de T4 (4.19%), el testigo (4.16%) y T3 (4.0%).

- **Magnesio**

Para la calidad de porcentaje de magnesio de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208 - 2021 se tiene un rango mínimo de 0.2% y máximo de 0.7% para un óptimo compost. El presente estudio de investigación, todos los tratamientos superaron ligeramente el rango óptimo de magnesio establecido, el T3 presentó el valor más bajo (0.95%), mientras que T2 presentó el valor más alto (1.34%).

- **Calcio**

Para la calidad de porcentaje de calcio de acuerdo con los valores establecidos en la NTP 201.208 - 2021 se tiene un rango mínimo de 2% y máximo de 6% para un óptimo compost. El presente estudio de investigación, todos los tratamientos se encontraron dentro del rango óptimo de calcio establecido, el testigo presentó el mayor valor (2.84%), mientras que T4 (EM-Compost) presentó el valor más bajo (2.36%).

### 3.2.3. Contenido de Metales Pesados

**Tabla 31**

*Comparación de Contenido de Metales Pesados por tratamiento.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Arsénico</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Cobre</b>	<b>Cromo</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Níquel</b>	<b>Plomo</b>	<b>Zinc</b>
T1 (Testigo)	4	0	46	0	0	20	15	146
T2 (Levadura)	7	0	53	0	0	30	13	147
T3 (Trichoderma)	8	0	46	0	0	23	13	132
T4 (EM – Compost)	8	0	53	0	0	18	11	129
<b>Valor máximo Admisible</b>	<b>15</b>	<b>2.5</b>	<b>250</b>	<b>200</b>	<b>2</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>1000</b>

En la tabla 31 se observa que, a pesar de la presencia de metales pesados en los tratamientos analizados, la concentración de As, Cd, Cu, Cr, Hg Ni, Pb y Zn fue inferior al nivel máximo permitido en la NTP 201.208 2021.

Estas concentraciones indican que el compost se realizó utilizando una variedad de residuos orgánicos. Por otra parte, algunos autores consideran que el uso de aguas residuales para mantener la humedad durante el compostaje incrementa las concentraciones de este parámetro durante el proceso de compostaje.

### 3.2.4. Evaluación Microbiológico

**Tabla 32**

*Comparación de contenido de microorganismos por tratamiento.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Testigo</b>	<b>Tratamiento 2 (Levadura)</b>	<b>Tratamiento 3 (Trichoderma)</b>	<b>Tratamiento 4 (EM – Compost)</b>	<b>Valor máximo Admisible</b>
<b>Coliformes Fecales. (En NMP/G)</b>	930	240	930	930	<b>&lt;1000</b>
<b>Salmonella. (Ausente en 25g)</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<b>Ausencia</b>
<b>Huevos de Helmintho. (Menor a 1 en 4 g))</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<b>Ausencia</b>

En la tabla 32 se puede observar que el contenido de microorganismos presentes en el compost maduro fue evaluado en términos de Coliformes Fecales, Salmonella y Huevos de Helminthos. En todos los tratamientos, el recuento de Coliformes Fecales fue menor al valor máximo establecido en la Norma. Asimismo, se registró ausencia de Salmonella y Huevos de Helminthos en todos los tratamientos. Estos resultados indican que mantener una temperatura superior a 60°C durante el proceso de compostaje fue efectivo para eliminar patógenos

### 3.2.5. Producción de compost posterior al zarandeo

**Tabla 33**

*Producción de compost maduro por tratamiento.*

Tratamientos	Testigo		Tratamiento 2 con Levadura		Tratamiento 3 con Trichoderma		Tratamiento 4 con EM - Compost	
	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)
<b>Repetición 1</b>	250	24	250	17	250	15	250	19
<b>Repetición 2</b>	250	25	250	20	250	16	250	21
<b>Repetición 3</b>	250	23	250	19	250	17	250	21
<b>Total</b>	<b>750</b>	<b>72</b>	<b>750</b>	<b>56</b>	<b>750</b>	<b>48</b>	<b>750</b>	<b>61</b>

En la tabla 33 se observa la cantidad de rendimiento de compost el cual se muestra una diferencia entre ellos, el Testigo obtuvo una mejor cosecha de compost con un peso total de 72 kg seguido del T4 con 61 kg, T2 con 56 kg y T3 con 48 kg el cual presentó un bajo rendimiento en la cosecha debido a diversos factores, incluyendo la calidad del material orgánico empleado que no se ha descompuesto completamente.

## DISCUSIÓN

En el proceso de compostaje, en el presente estudio se observó que la aplicación de bioaceleradores (levadura, EM compost y Trichoderma) aceleró significativamente el inicio de la fase termófila, alcanzando a los 3 días una temperatura entre 63.2 °C y 68.6 °C, el tratamiento testigo tardó 12 días en alcanzarla, llegando a una temperatura de 56.4 °C. Este resultado resalta la efectividad de los bioaceleradores en la aceleración del proceso de compostaje. Loayza (2020) en su tratamiento con viseras de pescado reporta un tiempo similar al presente estudio alcanzando la fase termófila a los 4 días con el uso de aceleradores, a una temperatura de 59°C. Sin embargo, su tratamiento testigo alcanzó una temperatura mucho menor 47°C, lo que sugiere una mayor eficiencia de los bioaceleradores en el estudio. Por otra parte, Zambrano (2022) reporta un tiempo considerablemente mayor (30 días) para alcanzar la fase termófila en todos sus tratamientos. Esta diferencia podría deberse a diversos factores, como la composición de los materiales de compostaje y las condiciones ambientales.

En la fase de enfriamiento se alcanzó a los 30 días en los tratamientos con bioaceleradores, con una temperatura de 29°C. El tratamiento testigo, por otro lado, alcanzó la fase de enfriamiento a los 63 días, con una temperatura de 28°C. Loayza (2020) reporta que la fase de enfriamiento se alcanzó a los 90 días en todos sus tratamientos, con una temperatura promedio de 32°C, al igual que en la fase termófila, los bioaceleradores aceleraron el proceso de compostaje, permitiendo alcanzar la fase de enfriamiento en un tiempo significativamente menor que el tratamiento testigo.

En cuanto al pH durante la primera semana del proceso de compostaje, los tratamientos con bioaceleradores tendieron a subir con un promedio de pH de 7, sin embargo, el tratamiento testigo obtuvo un pH de 6, debido a que los bioaceleradores al ser un proceso acelerado la disminución de pH ocurrió en los primeros días y la medición se realizó a la primera semana. Al final del proceso

todos los tratamientos alcanzaron un pH promedio de 9 no encontrándose dentro del rango de la Norma Técnica Peruana que va de (6.5 – 8.5). Zambrano (2022) en la primera semana obtuvo un pH promedio en sus tratamientos de 5.6, similar a lo obtenido en tratamiento testigo, al final del proceso obtuvo en su tratamiento 2 un pH de 7.08 siendo el mayor y el tratamiento testigo obtuvo el valor más bajo con un pH de 4.6, por otro lado Loayza (2020) en la primera semana obtuvo un pH promedio de 7.8, en todos sus tratamientos el cual a lo largo del proceso se mantuvo en ese rango, al final del proceso obtuvo un pH de 8.4 en sus tratamientos con aceleradores y un pH de 7.5 en el testigo encontrándose dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana. En cuanto a la calidad de la humedad del compost, en el presente estudio de investigación el tratamiento con levadura obtuvo el porcentaje más alto con 28.1% en comparación con los otros tratamientos y el porcentaje mínimo lo obtuvo el tratamiento testigo con 22.3%, debido a que una vez finalizado el proceso de compostaje se extendió en el suelo para un pre secado antes del tamizado lo que generó que los tratamientos perdieran humedad. Soliva y López (2004) mencionan que el bajo contenido de humedad facilita el tamizado y el transporte de nutrientes del compost. Por otra parte, Loayza (2020) obtuvo como resultado una humedad superior al 37% en todos sus tratamientos.

Para la calidad de pH en el presente estudio de investigación el T1 alcanzó un pH superior de 8.8, seguido del T4 con 8.7, T3 con 8.6 y finalmente el T2 con 8.4. Así mismo, Rich y Bharti (2015) citado por Cahuana, (2024) menciona que una mejor descomposición de materia orgánica por actividad microbiana se desarrolla en pH entre los valores de 7 y 9 respectivamente y para determinar un posible uso es necesario realizar mezclas con diferentes proporciones del mismo con otros sustratos seleccionando la combinación que presente mejores condiciones. Sin embargo,

Loayza (2020) obtuvo como resultado entre sus tratamientos un pH promedio de 8.3 donde se encuentran dentro del rango óptimo establecido en la Norma.

Para la calidad de materia orgánica en el presente estudio de investigación, se encontró que los tratamientos con levadura, trichoderma, EM y testigo superan el valor mínimo de calidad establecido en la norma con 29.8, 28.7, 31.4, 33.6% respectivamente. Cahuana (2024) obtuvo como resultado en el contenido de materia orgánica un promedio de 38% similar a lo obtenido en el trabajo de investigación. Como menciona Soliva y López (2004) desde una perspectiva de conservación del suelo, el propósito del uso de compost es aumentar el M.O. por ejemplo, evitando la erosión, aumentando la retención de agua o ayudando a capturar dióxido de carbono.

Para la calidad de conductividad eléctrica en el presente estudio de investigación el testigo obtuvo el valor de 12.2 siendo el más alto seguido del T2 con 11.4, T4 con 10.6 y finalmente el T3 con 9.6, los valores obtenidos están relacionados con el hecho de que la materia prima utilizada durante el proceso de compostaje presente sales disueltas que influyeron en el aumento de los valores de este parámetro. Rivera et. al, (2020) obtuvo como resultado en su tratamiento (Levadura) una conductividad de 9.6 dS/m igual a lo obtenido en el T3, que indica también la presencia de sales solubles en el compost. Por otro lado, Cahuana (2024) obtuvo como resultado en sus tratamientos una conductividad eléctrica promedio de 4.8dS/m. Sin embargo, Sánchez et. al., (1997) citado por Loayza, (2020) menciona que cuando se utiliza como fertilizante orgánico, la alta salinidad es menos importante debido a que se mezcla con el suelo y como consecuencia se diluye la salinidad. Por lo que, el compost producido debe mezclarse antes de su uso y a esto se debe considerar la sensibilidad y tolerancia de la planta a la salinidad. En relación con lo mencionado, el compost producido se puede utilizar en cantidades menores, y se debe combinar con mayor cantidad de tierra agrícola (3 a 1) y agua para diluir el alto contenido de sal.

Para la calidad de relación C/N en el presente estudio de investigación el testigo obtuvo una relación C/N de 13.3 el valor más alto, seguido del T2 con una relación de 12.6, T4 con 11.3 y finalmente el T3 con 10.1. De igual manera, Cahuana, (2024) obtuvo como resultado en sus tratamientos una relación C/N promedio de 14.7% similar a lo obtenido. Según la FAO, (2013) recomienda que el valor óptimo para la relación C/N es de 10 a 15, lo cual podemos mencionar desde ese aspecto que los tratamientos se encuentran dentro del rango óptimo y a su vez esto nos indica que el compost alcanzó su maduración. Como menciona Soliva y López (2004) si la relación C/N es cercana a 10, el compost se considera maduro, al contrario, si la relación C/N es elevado indica que es un compost inmaduro.

Para la calidad de nitrógeno en el presente estudio de investigación el T3 obtuvo el mayor valor con 1.42%, seguido del T4 con 1.39%, testigo con 1.26% y finalmente el T2 con 1.18%. Loayza (2020) obtuvo como resultado en sus tratamientos un porcentaje de nitrógeno promedio del 1.20% similar al porcentaje obtenido. Como menciona Román et. al. (2013), desde la perspectiva de aplicación para mejoramiento de suelo, el compost producido es adecuado para contribuir de nitrógeno a las plantas, también es importante para la absorción de otros nutrientes.

Para la calidad de fósforo en el presente estudio el valor más alto lo obtuvo el T2 con 1.17%, seguido del T4 con 1.05%, T3 con 1.02% y finalmente el testigo con 1.01%. Castillo, (2020) obtuvo como resultado un rango de 1.27 a 1.54% de fósforo en sus tratamientos con EM – Compost, Sin embargo, la FAO, (2013) menciona que el fósforo juega un papel importante en la transferencia de energía y es esencial para la eficiencia de la fotosíntesis. La mayoría de los suelos naturales o agrícolas son deficientes en fósforo o su pH limita la disponibilidad de fósforo favoreciendo su fijación.

Para la calidad de potasio en el presente estudio el valor más alto lo obtuvo el T2 con 4.73%, seguido del T4 con 4.19%, testigo con 4.16% y finalmente el T3 con 4.0, los valores elevados obtenidos están relacionados con el hecho de que se utilizó una mayor cantidad de plátanos como restos de fruta para la elaboración de compost, y este parámetro no disminuye ni aumenta durante el proceso, al contrario, se mantiene en el mismo valor que al inicio. Cahuana (2024) obtuvo como resultado en sus tratamientos un porcentaje promedio de 3.38% similar a lo obtenido en el estudio de investigación. Por otro lado, Loayza (2020) obtuvo como resultado en sus tratamientos un porcentaje menor al 1.56%.

Para la calidad de magnesio en el presente estudio el tratamiento T3 obtuvo un valor de 0.95%, menor en comparación con los demás tratamientos, el T2 presentó mayor porcentaje con un valor de 1.34%. Cahuana (2024) obtuvo como resultado en sus tratamientos un porcentaje promedio de magnesio del 1.13% similar a lo obtenido en el presente estudio. Según Rodríguez et al., (2010) citado por Vargas et al., (2019) menciona que este nutriente no es absorbido inmediatamente por la planta, pero pueden provocar cambios adicionales en las condiciones del suelo posteriormente.

Para la calidad de calcio en el presente estudio de investigación el testigo presentó mayor porcentaje con 2.84 y el T4 EM – compost con 2.36% fue el que presentó menor valor. Cahuana (2024) obtuvo como resultado en sus tratamientos un porcentaje promedio de calcio del 8.26%, un valor elevado a lo obtenido en el presente estudio, debido a que aplicó cal en sus tratamientos y mejoró el contenido de calcio en el compost final. Según Ituyan (2009) menciona que el calcio afecta indirectamente el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces, reducir la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio y aumentar la disposición del molibdeno y la absorción de otros nutrientes.

En la evaluación microbiológico en el presente estudio se obtuvo un promedio de 240 NMP/g de coliformes fecales en el T2. Los resultados se asemejan a lo obtenido por Rivera et al., (2020) quien evaluó los parámetros microbiológicos del compost con levadura presentando un promedio de 198 NMP/g de coliformes fecales, De manera similar, Loayza (2020) en su estudio obtuvo resultados en el tratamiento con EM – Compost ausencia tanto para Salmonella y Huevos de Helmintos y menor a 1.8 para Coliformes y demostró que mantener la temperatura de la pila por encima de 55 °C era beneficioso para la ausencia de estos microorganismos.

## CONCLUSIONES

- Durante el proceso de compostaje, en la fase termofílica se obtuvieron los mejores resultados con el bioacelerador EM – Compost (T4), alcanzando una temperatura de 57.6 °C, pH de 8.2 y una humedad de 55%, en la fase de enfriamiento el tratamiento EM – Compost obtuvo nuevamente los mejores resultados alcanzando una temperatura de 28.6 °C y una humedad de 51%, en el pH el que obtuvo mejor valor respecto a los demás fue el tratamiento con Levadura con un pH de 9.0.
- El efecto de bioaceleradores (Levadura, Trichoderma y EM-Compost) que en el tiempo de obtención de compost se redujo a 43, 41 y 37 días respectivamente, que en su forma natural se obtiene a los 75 días. Respecto a la calidad del compost posterior a la aplicación de bioaceleradores, el tratamiento con Trichodermas y el tratamiento con EM - Compost destacan en su contenido alto de materia orgánica, nitrógeno, fosforo potasio calcio y magnesio adecuados para mejorar el suelo de las áreas verdes del distrito. Sin embargo, la ligera alcalinidad y el contenido elevado de la conductividad eléctrica podrían ser considerados sensibles para algunas plantas en cierta medida, pero con una proporción moderada de compost maduro es adecuada para la mayoría de los cultivos. En cuanto a los análisis microbiológicos no presentaron microorganismos como Coliformes Fecales, Salmonella y Huevos de Helmintos. En general, si hubo efecto de los bioaceleradores en el proceso de compostaje reduciendo el tiempo de la descomposición para valorizar la mayor cantidad de residuos orgánicos provenientes de mercados y barrios en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Sicuani.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar una investigación que use una combinación balanceada tanto con material orgánico y seco como restos de poda, aserrín, ceniza, etc. Para disminuir el pH y no afectar el parámetro de relación C:N al inicio y durante el proceso de compostaje.
2. Realizar un análisis previo de los insumos orgánicos y agua a utilizar para el proceso de compostaje para prevenir que afecte los parámetros del producto final y recomendar para más adelante realizar una evaluación para el uso en suelos agrícolas del compost obtenido.
3. Determinar las dimensiones de la infraestructura de valorización en función a los residuos sólidos orgánicos generados en el distrito e informar a la población sobre la importancia de la segregación en la fuente.
4. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Canchis continúe agregando otros tipos de bioaceleradores a modo de prueba para reducir el tiempo de procesamiento y producir abono de mejor calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcantara, R. (2018). Eficiencia del Tratamiento de Residuos Orgánicos Pecuarios en Composteras, Mediante Microorganismos Eficientes Presentes en la Col China, Julio 2017–Julio2018.  
<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1249/INGA%20ALCANTARA%20JULY%20ROXANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014) Evaluacion de la Calidad y Uso de Compost como Componente de Sustratos, Enmiendas y Abonos Organicos.  
[https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar\\_compost\\_ansorena](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar_compost_ansorena)
- Arias, G. (2015). Proyecto de Investigación. *Episteme. Sexta ed.* <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (2009). Manual Práctico de Uso de EM.  
[https://www.emuruguay.org/images/Manual\\_Practico\\_Uso\\_EM\\_OISCA\\_BID.pdf](https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf)
- Bol, P y Lomeli, A. (2023) Evaluación de dos Diferentes Tipos de Microorganismos Eficaces Aplicados a Residuos Orgánicos en el Municipio de Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9094813> pp 603
- Cahuana G, (2024). Microorganismos eficientes y cal agrícola en la elaboración de compost con cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), Pichari – 2023.  
[https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/6432/1/TESIS%20AF31\\_Cah.pdf](https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/6432/1/TESIS%20AF31_Cah.pdf)
- Castillo L, (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019.

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Castillo\\_Huaman\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf)

Campana J, (2016). Estudio de factibilidad del compostaje en el distrito de Yucay de la provincia de Urubamba – Cusco.

[https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1523/Tesis\\_Estudio\\_Factibilidad\\_Compostaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1523/Tesis_Estudio_Factibilidad_Compostaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Coelho, P. (2013) Saccharomyces cerevisiae: Usos y Variantes de las Levedura.

<https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/09/saccharomyces-cerevisiae.html>

Condori, J. y Bravo, R. (2023). Evaluación de eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost a partir de residuos orgánicos, distrito de San Jerónimo, Cusco 2023. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/6360>

Córdova, L. (2016). Propuesta de Mejora del Proceso de Compostaje de los Residuos Orgánicos, Generados en la Actividad Minera, Empleando Microorganismos Eficientes Unidad Minera del Sur: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d70acba5-e6e7-4482-8587-3cd4bf2b8608/content>

Dango, L. (2020). Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (Volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje. *ALICIA*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12996/4430>

Decreto Legislativo N° 1278. (2016, 23 de diciembre). Decreto Legislativo N°1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima: Diario Oficial el Peruano.

Decreto Supremo N° 014-2017. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds\\_014-2017-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf)

Decreto Legislativo N° 1501. (2020, 11 de mayo). Decreto Legislativo N°1501 que modifica el Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima: Diario Oficial el Peruano.

Decreto Supremo N.º 001 (2022, 09 de enero). Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278. Diario oficial el peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2055631-1>

Dueñas, R. (2020). Elaboración de compost a partir de la incorporación de tres tipos de aceleradores biológicos en residuos de mercados, parques y jardines. *ALICIA*. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11401>

Estofanero, M. (2022). Estudio de Caracterizacion de Residuos Solidos Municipales del distrito de Sicuani.

FAO, (2023). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR Experiencias en América Latina.

Gutierrez, L. (2023). Elaboración de compost para el fortalecimiento ee los suelos de producción del hogar sant´ aquilina comunidad papa juan XXIII bajo lipari municipio mecapaca la paz. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32098/TD-3144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Graves, R & Hattemer, G., (2000). Chapter 2 Composting, Part 637. Environmental Engineering National Engineering Handbook.

[https://irrigationtoolbox.com/NEH/Part637\\_EnvironmentalEngineering/H\\_210\\_637\\_02.pdf](https://irrigationtoolbox.com/NEH/Part637_EnvironmentalEngineering/H_210_637_02.pdf)

Herrera R, (2022). Aplicación de Pilas Dinámicas de Estiércol Vacuno y Residuos Orgánicos para la Producción de Compost de Calidad, en el Distrito de Cerro Colorado, Arequipa.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102397/Herrera\\_YRM-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102397/Herrera_YRM-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Instituto Nacional de Calidad. (2019). Norma Técnica Peruana 900.058. Gestión de Residuos.

Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos., 28(6).

Instituto Nacional de Calidad. (2021). Norma Técnica Peruana 201.208. Fertilizantes: Compost a

Partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos, 4-17

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2023). Mapa político de la provincia de

Canchis (UNITEST)

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2017). Manual de Procedimientos de los

Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego.

<https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan->

[Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](#)

Instituto Nacional de Normalización. (2015). NCh 2880-2015 Compost requisitos de calidad y clasificación. Santiago de Chile, Chile.

<http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>

- Juan de Dios M, (2019). Calidad de Compost Elaborado a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Producidos en el Caserío De Marona, Tingo María – Región Huánuco.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c117ad39-d398-4715-8013-7db15ebc5933/content>
- Ley N° 27314. (2000, 20 de mayo). Congreso de la Republica de Perú. Diario Oficial el Peruano.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos#:~:text=La%20Ley%2027314%20se%20aplica,sociales%20y%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.>
- Loaiza R, (2020). Elaboración de compost a partir de la incorporación de tres tipos de aceleradores biológicos en residuos de mercados, parques y jardines.:  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c78029f7-3d7d-4253-95e9-577a51cd0672/content>
- Loaiza F, (2020). Disposición y reciclaje de residuos sólidos orgánicos en la escuela profesional de ingeniería agropecuaria sede Santo Tomás.  
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5072>
- Machicao R, (2022). Evaluación de Degradación de los Residuos Sólidos Orgánicos en la Planta de Tratamiento de residuos solidos, Mediante la Generación de Abono Orgánico Moho.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/106400/Machicao\\_MRM-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/106400/Machicao_MRM-SD.pdf?sequence=1)
- Maque A, (2018). Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en la Producción de Compost y Bocashi con Bioaceleradores en el Parque la Alborada, Lima.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35051>

Martinez, J y Henares, C. (2023) Caracterización de Microorganismos Eficientes Nativos para su potencial uso en procesos de compostaje y biorremediación.

<https://rad.ort.edu.uy/server/api/core/bitstreams/e96c3a70-1c10-45c0-861a-3deab1654ef1/content>

Melo J, (2020). Efecto de la Regulación del pH y Relación C/N en el Proceso de Compostado con la Aplicación de Bacterias Ácido Lácticas en Residuos Orgánicos.

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1896>

MINAM, (2013). Guía metodológica para el desarrollo del Plan de Manejo de Residuos Sólidos.

<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302183324.pdf>

MINAM, (2023). Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oMvyrdeknd5wRyHVeY9Xponc\\_OYXOV9PKvDNmDOBph4/edit?uso=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oMvyrdeknd5wRyHVeY9Xponc_OYXOV9PKvDNmDOBph4/edit?uso=sharing)

Méndez, A., Robles, C., Ruiz-Vega, J., y Castañeda, E. (2018). Compostaje de residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la relación C/N.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1070>

Montero M, (2022). Influencia del Estiércol de Ganado Vacuno en las Propiedades Fisicoquímicas y Metales Pesados del Compost Doméstico, Distrito de Campo Verde, Provincia de

Coronel Portillo, Región Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5400>

Mer, J. (2024). Elaboración de Abono Orgánico a Partir de los Residuos Vegetales en la Hacienda Shambala-Puerto López.

<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/849/browse?type=author&order=ASC&pp=25&value=GRAS+RODR%C3%8DGUEZ%2C+REN%C3%89>

- Nova, M., Mamani, B. y Alvarez, J. (2022). Aplicación de Activadores Biológicos en Dos Tipos de Compostaje para la Degradación de Residuos Orgánicos, Carmen Pampa, Coroico - Bolivia. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892022000100263&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892022000100263&script=sci_abstract)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2014). Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=6471](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471)
- Oliart, R., Manresa, A. y Sánchez, M. (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v11n1/2007-7858-cuat-11-01-00079.pdf>
- Ortiz L, (2020). Efecto del Tipo de Estiércol y Frecuencia de Aireación (Volteo) en el Comportamiento del Proceso de Compostaje. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4430#:~:text=El%20uso%20del%20esti%C3%A9rcol%20de,org%C3%A1nica%20del%20compost%3B%20por%20lo>
- O’Ryan, J. & Riffo, O. (2007). El Compostaje y su Utilización en Agricultura. <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/1fc3fcd9-571a-49da-b77d-039bf7a2bedc/content>
- Ozores, (2003). SISTEMAS Y TÉCNICAS PARA EL COMPOSTAJE. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas\\_y\\_tecnicas\\_para\\_el\\_compostaje.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaje.pdf)
- Pacha, E. (2020). Aplicación de Microorganismos para Acelerar la Transformación de Desechos Orgánicos en Compost. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>

Palomino, E. (2015). Evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa - Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1908>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). Valorización de residuos orgánicos: Soluciones claves para desafíos ambientales y climáticos. <https://www.unep.org>

Rabines, R. y Silva, K. (2019) Efecto del sobrenadante de los cultivos de *Lactobacillus* spp. aislados de queso artesanal sobre la inhibición del crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Ciencias Agrícolas y Alimentarias.

Rivera, M., Caracela, E. y Morales, L. (2020). Proceso de Compostaje por *Saccharomyces Cerevisiae* en una Institución Educativa en Perú. Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas.

Sanchez, A, e Hidalgo, F. (S.F). Estudio Sobre Maquinaria Idónea para las Labores de Compostaje de Alpeorujos. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/documento\\_completo.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/documento_completo.pdf)

Soliva, M. y Lopez, M. (2004). Calidad del Compost: Influencia del tipo de Materiales Tratados y de las Condiciones del Proceso. [https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3\\_Calidad+del+compost\\_+influen+cia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68](https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost_+influen+cia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68)

Suarez, C., Garrido, N. & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la Producción de Alcohol. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

- Tapia, R. B. (marzo de 2017). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA CON FINES DE RIEGO. *REPOSITORIO. INIA*.  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Vargas, O., Trujillo, J. & Torres, M. (2019). El Compostaje, una Alternativa para el Aprovechamiento de Residuos Organicos en las Centrales de Abastecimiento.  
<https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/575>
- Zambrano, J. (2022). Efecto de la Aplicación de Saccharomyces y Trichoderma en la Descomposición de Residuos de Podas del Cultivo de Guanabana (*Annona muricata*).  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ZAMBRANO%20PACHECO%20FERNANDO%20JOAQUIN.pdf>
- Zavaleta, R & Paucar, J. Estudio Geoambiental de la ciudad de Sicuani.  
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1586>
- Zela, J. (2016). Estudio de factibilidad del compostaje en el Distrito de Yucay de la Provincia de Urubamba – Cusco. *UAP*. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/1523>

# **ANEXOS**

*Anexo 1 Análisis Estadístico*

Análisis de varianza (ANOVA) y Tukey, para evaluar la variación de temperatura en (°C) durante el proceso del compost en la fase termofílica.

	R1	R2	R3	promedio	desv.	Grupos Tukey
Levadura	58,57	58,51	56,47	57,8	1,2	A
EM	58,26	56,63	57,82	57,6	0,8	A
Trichoderma	56,21	55,95	56,52	56,2	0,3	A
Testigo	48,32	47,66	48,67	48,2	0,5	B
Valor ideal buscado				Máxima posible		

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tratamiento	186,72	3	62,24	100,2	0,0000011
Error	4,97	8	0,62		
Total	191,69	11			

Nota: R cuadrado = 0,96

La temperatura en la fase termofílica es más alta en todos los tratamientos el testigo presenta la temperatura más baja de 48,32 C

Análisis de varianza (ANOVA) y Tukey, para evaluar la variación de temperatura en (°C) durante el proceso del compost en la fase mesófila II.

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>promedio</b>	<b>desv.</b>	<b>Grupos Tukey</b>
Levadura	29,63	27,31	30,84	29,3	1,8	A
EM	26,98	27,36	31,38	28,6	2,4	A
Trichoderma	27,99	31,31	29,55	29,6	1,7	A
Testigo	25,21	31,07	29,71	28,7	3,1	A
Valor ideal buscado				Mínimo posible		

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>tratamiento</b>	2,22	3	0,74	0,14	0,93
<b>Error</b>	42,66	8	5,33		
<b>Total</b>	44,88	11			

Nota: R cuadrado = 0,05

La temperatura en la fase enfriamiento es igual para todos los tratamientos incluyendo al testigo

Análisis de varianza (ANOVA) y Tukey, para evaluar la variación de pH durante el proceso del compost en la fase termófila

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>promedio</b>	<b>desv.</b>	<b>Grupos Tukey</b>
Levadura	8,24	8,28	7,98	8,2	0,2	A
EM	8,10	7,97	8,43	8,2	0,2	A
Trichoderma	7,87	8,20	8,45	8,2	0,3	A
Testigo	7,57	7,30	7,23	7,4	0,2	B
Valor ideal buscado				7,5 (6,5 ; 8,5)		

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>tratamiento</b>	1,45	3	0,48	9,67	0,00488
<b>Error</b>	0,4	8	0,05		
<b>Total</b>	1,85	11			

Nota: R cuadrado = 0,70

El pH es diferente en el testigo siendo de 7,4 menor que cualquier tratamiento.

Análisis de varianza (ANOVA) y Tukey, para evaluar la variación de pH durante el proceso del compost en la fase mesófila II

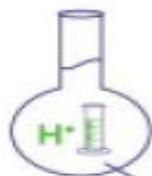
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>promedio</b>	<b>desv.</b>	<b>Grupos Tukey</b>
Levadura	9,00	9,15	9,05	9,1	0,1	A
EM	9,33	9,35	9,30	9,3	0,0	A
Trichoderma	9,37	9,35	9,15	9,3	0,1	A
Testigo	9,40	9,30	9,00	9,2	0,2	A
Valor ideal buscado				7,5 (6,5 ; 8,5)		

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>tratamiento</b>	0,12	3	0,04	2,45	0,14
<b>Error</b>	0,13	8	0,02		
<b>Total</b>	0,25	11			

Nota: R cuadrado = 0,28

El pH es igual para todas las muestras cuando se encuentra en etapa de enfriamiento

## Anexo 2 Resultados del Análisis Físico Químico



# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
 LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES  
 AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE  
 RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

## INFORME N°LQ 0086-24

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ABONO ORGÁNICO

**SOLICITA** : VLADIMIR JESUS PUMA NOA.

**PROYECTO** : "EFECTO DE BIOACELERADORES EN LA CALIDAD DE COMPOST EN LA INFRAESTRUCTURA DE VALORIZACIÓN MUNICIPAL DEL DISTRITO DE SICUANI, CANCHIS - CUSCO"

**MUESTRAS** : ABONOS ORGÁNICOS.

M<sub>1</sub>- TESTIGO.  
 M<sub>2</sub>- LEVADURA.  
 M<sub>3</sub>- TRICHODERMAS.  
 M<sub>4</sub>- EM - COMPOST.

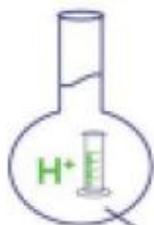
**DISTRITO** : SICUANI.  
**PROVINCIA** : CANCHIS.  
**DEPARTAMENTO** : CUSCO.  
**FECHA DE INFORME** : 13/02/2024

#### RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
Humedad	%	22.3	28.1	26.2	27.2
<b>Muestra seca</b>					
pH (1.5)		8.8	8.4	8.6	8.7
Materia Orgánica	%	33.6	29.8	28.7	31.4
Conductividad Eléctrica (1.5)	dS/m	12.2	11.4	9.6	10.6
Relación C/N		13.3	12.6	10.1	11.3
Nitrógeno total (N)	%	1.26	1.18	1.42	1.39
Fosforo total (P)	%	1.01	1.17	1.02	1.05
Potasio total (K)	%	4.16	4.73	4.00	4.19
Calcio (Ca)	%	2.84	2.62	2.45	2.36
Magnesio (Mg)	%	1.77	1.84	1.45	1.47

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO  
  
 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 234508

*Anexo 3 Resultados del Análisis de Metales Pesados.*



# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
**LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES**  
**AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE**  
 RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

**RESULTADOS :**

DETERMINACIONES	UNIDAD	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
Cobre (Cu)	ppm	46	53	46	53
Zinc (Zn)	ppm	146	147	132	129
Arsénico (As)	ppm	4	7	8	8
Mercurio (Hg)	ppm	0	0	0	0
Cadmio (Cd)	ppm	0	0	0	0
Cromo (Cr)	ppm	0	0	0	0
Plomo (Pb)	ppm	15	13	13	11
Niquel (Ni)	ppm	20	30	23	18
Bario (Ba)	ppm	195	231	173	174

**MÉTODOS DE ANÁLISIS:**

- Norma Técnica Peruana NTP 201.208 2021 Compost para uso agrícola.
- Fluorescencia de rayos X.

**NOTA:**

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO  
  
 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 234338

Anexo 4 Resultados del Análisis Microbiológico.



**LAASA LAB**

RUC: 20607268526

## 2. RESULTADOS

INFORME N° 02 LAASA LAB EIRL.2024

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COMPOST

SOLICITANTE : *Bach. Vladimir Jesús Puma Noa*

**PROYECTO TESIS:** "Efecto de bioaceleradores en la calidad de compost en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Sicuani, Canchis - Cusco  
**Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - Facultad de Ciencias Biológicas**  
**-Escuela Profesional de Biología**

#### Muestra 1: TESTIGO

##### ➤ CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS

Lugar de Procedencia :  
 Distrito : Cusco  
 Fecha de muestreo : 02/02/2024 - 12:16  
 Recibida : En Bolsa Ziploc.

Doc. Referencia : **NORMA TÉCNICA NTP 201.208 PERUANA 2021 FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos 2021-07-13 1ª Edición**

#### RESULTADOS

DETERMINACIONES	UNIDAD	LMP (Límite máximo permisible)	Muestra 1
Coliformes Fecales /g	NMP/g en base seca	<1 000	930
Salmonella sp	Ausente/25g base seca	Ausente	0
Huevos de Helmintos	< 1 huevo viable en 4g base seca	< 1	0

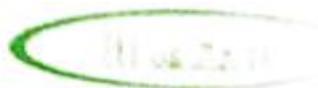
#### MÉTODOS DE ENSAYO

Determinación de Microorganismos	
Ensayo	Método
Coliformes fecales	TMECC 07.01-B
Salmonella sp.	TMECC 07.02 -A 1-2
Huevos de Helmintos	TMECC 07.04-A

Cusco, 08 de febrero del 2024.  
 MCYM.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada

  
 Blga. María de Carmen Yáñez Mujica  
 C. B. P. 8298  
 GERENTE  
 L.A.A.S.A. LAB. E.I.R.L.


**LAASA LAB**

RUC: 20607268526

**INFORME N° 02 LAASA LAB EIRL.2024**  
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COMPOST**

**SOLICITANTE : Bach. Vladimir Jesús Puma Noa**

**PROYECTO TESIS: "Efecto de bioaceleradores en la calidad de compost en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Siguant, Canchis – Cusco."**  
**Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - Facultad de Ciencias Biológicas**  
**-Escuela Profesional de Biología**

**Muestra2: LEVADURA**

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS**

Lugar de Procedencia :  
 Distrito : Cusco  
 Fecha de muestreo : 02/02/2024 - 12:16  
 Recibida : En Bolsa Ziploc.

Doc. Referencia : **NORMA TÉCNICA NTP 201.208 PERUANA 2021 FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos 2021-07-13 1ª Edición**

**RESULTADOS**

DETERMINACIONES	UNIDAD	LMP (Límite máximo permisible)	Muestra 1
Coliformes Fecales /g	NMP/g en base seca	<1 000	240
Salmonella sp	Ausente/25g base seca	Ausente	0
Huevos de Helmintos	< 1 huevo viable en 4g base seca	< 1	0

**MÉTODOS DE ENSAYO**

Determinación de Microorganismos	
Ensayo	Método
Coliformes fecales	TMECC 07.01-B
Salmonella sp.	TMECC 07.02 -A 1-2
Huevos de Helmintos	TMECC 07.04-A

Cusco, 08 de febrero del 2024.

MCYM.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Blga. María de Carmen Yáñez Mujica  
 C. B. P. 8298  
 GERENTE  
 L.A.A.S.A. LAB. E.I.R.L.


**LAASA LAB**
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA, QUÍMICA Y FARMACIA

RUC: 20607268526

**INFORME N° 02 LAASA LAB EIRL.2024**  
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COMPOST**

**SOLICITANTE : Bach. Vladimir Jesús Puma Noa**

**PROYECTO TESIS: "Efecto de bioaceleradores en la calidad de compost en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Sicuaní, Canchis – Cusco."**  
**Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - Facultad de Ciencias Biológicas**  
**-Escuela Profesional de Biología**

**Muestra 3: TRICHODERMA**

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS**

Lugar de Procedencia :  
 Distrito : Cusco  
 Fecha de muestreo : 02/02/2024 - 12:16  
 Recibida : En Bolsa Ziploc.

Doc. Referencia : **NORMA TÉCNICA NTP 201.208 PERUANA 2021 FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos 2021-07-13 1ª Edición**

**RESULTADOS**

DETERMINACIONES	UNIDAD	LMP (Límite máximo permisible)	Muestra 1
Coliformes Fecales /g	NMP/g en base seca	<1 000	930
Salmonella sp	Ausente/25g base seca	Ausente	0
Huevos de Helmintos	< 1 huevo viable en 4g base seca	< 1	0

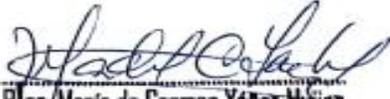
**MÉTODOS DE ENSAYO**

Determinación de Microorganismos	
Ensayo	Método
Coliformes fecales	TMECC 07.01-B
Salmonella sp.	TMECC 07.02 -A 1-2
Huevos de Helmintos	TMECC 07.04-A

Cusco, 08 de febrero del 2024.

MCYM.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada

  
 Blga/María de Carmen Yáñez Mujica  
 C.B.P. 8298  
 GERENTE  
**L.A.A.S.A. LAB. E.I.R.L.**


**LAASA LAB**
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y MATERIAS ORGÁNICAS

RUC: 20607268526

**INFORME N° 02 LAASA LAB EIRL.2024**  
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COMPOST**

**SOLICITANTE : Bach. Vladimír Jesús Puma Noa**

**PROYECTO TESIS: "Efecto de bioaceleradores en la calidad de compost en la infraestructura de valorización municipal del distrito de Sicuaní, Canchis - Cusco Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - Facultad de Ciencias Biológicas -Escuela Profesional de Biología"**

**Muestra 1: COMPOST - em**

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS**

Lugar de Procedencia :  
 Distrito : Cusco  
 Fecha de muestreo : 02/02/2024 - 12:16  
 Recibida : En Bolsa Ziploc.

Doc. Referencia : **NORMA TÉCNICA NTP 201.208 PERUANA 2021 FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos 2021-07-13 1ª Edición**

**RESULTADOS**

DETERMINACIONES	UNIDAD	LMP (Límite máximo permisible)	Muestra 1
Coliformes Fecales /g	NMP/g en base seca	<1 000	930
Salmonella sp	Ausente/25g base seca	Ausente	0
Huevos de Helmintos	< 1 huevo viable en 4g base seca	< 1	0

**MÉTODOS DE ENSAYO**

Determinación de Microorganismos	
Ensayo	Método
Coliformes fecales	TMECC 07.01-B
Salmonella sp.	TMECC 07.02 -A 1-2
Huevos de Helmintos (Ascaris lumbricoides)	TMECC 07.04-A

Cusco, 08 de febrero del 2024.

MCYM.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada

  
 Blga. María de Carmen Yáñez Mujica  
 C. B. P. 8298  
 GERENTE  
 L.A.A.S.A. LAB. E.I.R.L.

*Anexo 5 Galería Fotográfica.*



Foto 1. Infraestructura de valorización de la Municipalidad Provincial de Canchis.



Foto 2. Acondicionamiento del área de experimentación.



Foto 3. Recolección de residuos orgánicos de los centros de abasto del distrito.



Foto 4. Estiércol de ganado del Camal Municipal



Foto 5. Pre secado de los residuos orgánicos recolectados.



Foto 6. Activación de la levadura.



Foto 7. Activación del EM – Compost.



Foto 8. Activación del trichoderma



Foto 9. Pesado de los residuos orgánicos a compostar



Foto 10. Picado de los residuos orgánicos a compostar



Foto 11. Aplicación de los bioaceleradores en las pilas de compostaje.



Foto 12. Etiquetado de las pilas de compostaje por tratamiento y repetición.



Foto 13. Pilas instaladas y etiquetadas



Foto 14. Monitoreo del parámetro de temperatura del compost.



Foto 15. Monitoreo del parámetro de pH del compost.



Foto 16. Monitoreo del parámetro de humedad del compost



Foto 17. Registro del monitoreo de los parámetros de temperatura, pH y humedad.



Foto 18. Aireación y volteo de las pilas de compostaje



Foto 19. Presencia de hongos en la fase mesófila II o de enfriamiento.



Foto 20. Extendido del compost maduro.



Foto 21. Tamizado del compost maduro



Foto 22. Cosecha del compost maduro.



Foto 23. Aplicación del método del cuarteo por tratamiento.



Foto 24. Muestra de compost para los análisis respectivos en el laboratorio.