

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE LOS  
RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN RESTAURANTES DE LA CIUDAD**

**DE PUNO, 2025**

**PRESENTADA POR:**

**YONHY CAHUAPAZA COTACALLAPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](http://Universidad Privada San Carlos) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 7.3%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 28 OCT 2025, 4:32 PM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
1.64%

● CHANGED TEXT  
5.65%

## Report #29570947

YONHY CAHUAPAZA COTACALLAPA // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN RESTAURANTES DE LA CIUDAD DE PUNO, 2025 RESUMEN El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, en el año 2025. La muestra estuvo conformada por los residuos orgánicos recolectados en dos restaurantes del Snack Quinta Amanecer, los cuales fueron procesados mediante recolección, selección, picado, mezclado, descomposición, tamizado y empacado en unidades experimentales de 20 kg. El lote inicial fue de 100 kg de residuos, obteniéndose 45 kg de compost final, lo que representa un rendimiento del 45%. Los resultados en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se registraron los siguientes valores: pH 9.33, conductividad eléctrica 6.51 mS/cm, humedad 40%, nitrógeno total 1.28%, fósforo 1.09%, potasio 1.50%, materia orgánica 25.57%, carbono orgánico 14.83% y relación C/N 11.60. Además, los metales pesados se encontraron dentro de los límites de seguridad: plomo <20 mg/kg, cadmio 0.35 mg/kg, cromo 35 mg/kg y mercurio <0.001 mg/kg. Al comparar con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021, se evidenció que el pH (9.33) se encuentra fuera del rango recomendado de 6.5 a 8.5, mientras que otros parámetros como la humedad, nitrógeno total, fósforo, potasio,

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**  
**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE LOS**  
**RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN RESTAURANTES DE LA CIUDAD**  
**DE PUNO, 2025**  
**PRESENTADA POR:**  
**YONHY CAHUAPAZA COTACALLAPA**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 13 de noviembre del 2025.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada paso de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente, quienes con su ejemplo me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi familia, por ser mi refugio y mi impulso constante. A mi adorada hija Alizée, que este logro sea un ejemplo de que con esfuerzo y dedicación, los sueños se hacen realidad. A mi esposa, por construir juntos un futuro lleno de amor y éxitos.

Y finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la culminación de este logro académico, símbolo de dedicación y compromiso con el conocimiento y el desarrollo sostenible de nuestra sociedad.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una sólida formación profesional, orientada al desarrollo integral de mi persona y al progreso sostenible de nuestra región. Gracias a su compromiso con la excelencia académica, hoy culmino una importante etapa de mi vida universitaria.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio donde adquirí conocimientos, valores y experiencias que fortalecieron mi vocación y compromiso con la protección del medio ambiente y el bienestar de nuestra sociedad.

A los distinguidos miembros del jurado calificador:

- Dr. Esteban Isidro León Apaza,
- Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, y
- Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez,

por su tiempo, sus valiosas observaciones y aportes que contribuyeron significativamente al enriquecimiento y perfeccionamiento de esta investigación.

A mi asesor, M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su constante apoyo, orientación y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su experiencia, paciencia y guía académica fueron fundamentales para la culminación exitosa de esta tesis.

Finalmente, a todas las personas que directa o indirectamente colaboraron con esta investigación, expresándoles mi sincero agradecimiento por su apoyo, motivación y confianza en mi desempeño profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	14
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	18
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>19</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
2.1.1. RESIDUOS ORGÁNICOS.	21
	3

2.1.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A NIVEL DEL PERÚ.	21
2.1.3. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	22
2.1.4. EL COMPOSTAJE (COMPOST).	23
2.1.5. ETAPAS DEL COMPOSTAJE	23
2.1.6. COMPOSTAJE AERÓBICO.	25
2.1.7. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE.	25
2.1.8. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.	26
2.1.9. METALES PESADOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.	27
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>28</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>29</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>30</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	30
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.	30
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. .ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>32</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>	<b>33</b>
3.2.1. POBLACIÓN.	33
3.2.2. MUESTRA.	33
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>34</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	34
3.3.2. DISEÑO	34
<b>3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>34</b>
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>40</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>40</b>

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. ELABORAR COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LOS RESTAURANTES DE LA CIUDAD DE PUNO.</b>	<b>42</b>
<b>4.2. ANALIZAR LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES PESADOS DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS.</b>	<b>44</b>
<b>4.3. COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL COMPOST CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD ESTABLECIDOS POR LA NTP 201.208:2021.</b>	<b>46</b>
<b>4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>56</b>
<b>4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>58</b>
4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL	58
4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	59
4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	60
4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	61
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Parámetros evaluados.	38
<b>Tabla 02:</b> Identificación de variables.	40
<b>Tabla 03:</b> Distribución de los residuos orgánicos provenientes del restaurante.	42
<b>Tabla 04:</b> Cantidad de compost obtenido.	43
<b>Tabla 05:</b> Parámetros fisicoquímicos y metales pesados.	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01.</b> Composición de los residuos sólidos en el Perú.	22
<b>Figura 02:</b> Ubicación geográfica de los locales del Snack Quinta Amanecer, en la ciudad de Puno.	33
<b>Figura 03.</b> Flujo grama del aprovechamiento de residuos orgánicos a través de compostaje.	35
<b>Figura 04:</b> Forma de la unidad experimental.	37
<b>Figura 05:</b> Comparación del pH con la NTP 201.208:2021.	46
<b>Figura 06:</b> Comparación de la humedad con la NTP 201.208:2021.	47
<b>Figura 07:</b> Comparación del Nitrógeno total con la NTP 201.208:2021.	48
<b>Figura 08:</b> Comparación del fósforo total con la NTP 201.208:2021.	49
<b>Figura 09:</b> Comparación del potasio total con la NTP 201.208:2021.	50
<b>Figura 10:</b> Comparación de la materia orgánica con la NTP 201.208:2021.	51
<b>Figura 11:</b> Comparación de Relación de C/N con la NTP 201.208:2021.	52
<b>Figura 12:</b> Comparación de Plomo con la NTP 201.208:2021.	53
<b>Figura 13:</b> Comparación de Cadmio con la NTP 201.208:2021.	54
<b>Figura 14:</b> Comparación de Cromo con la NTP 201.208:2021.	55
<b>Figura 15:</b> Comparación de Mercurio con la NTP 201.208:2021.	56
<b>Figura 16:</b> Mezcla de los residuos orgánicos con el estiércol y el aserrín.	73
<b>Figura 17:</b> Medición de la temperatura en la compostera.	73
<b>Figura 18:</b> Preparación de químicos a ser agregados en la compostera.	74
<b>Figura 19:</b> Medición del pH en de la compostera.	74
<b>Figura 20:</b> Control de la temperatura de la compostera.	75
<b>Figura 21:</b> Control del pH de compost final.	75
<b>Figura 22.</b> Compost final obtenido.	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01.</b> Matriz de Consistencia de la investigación.	70
<b>Anexo 02.</b> NTP 201.208:2021	71
<b>Anexo 03:</b> Resultados de análisis de laboratorio.	72
<b>Anexo 04:</b> Galería fotográfica.	73

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, en el año 2025. La muestra estuvo conformada por los residuos orgánicos recolectados en dos restaurantes del Snack Quinta Amanecer, los cuales fueron procesados mediante recolección, selección, picado, mezclado, descomposición, tamizado y empaçado en unidades experimentales de 20 kg. El lote inicial fue de 100 kg de residuos, obteniéndose 45 kg de compost final, lo que representa un rendimiento del 45%. Los resultados en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se registraron los siguientes valores: pH 9.33, conductividad eléctrica 6.51 mS/cm, humedad 40%, nitrógeno total 1.28%, fósforo 1.09%, potasio 1.50%, materia orgánica 25.57%, carbono orgánico 14.83% y relación C/N 11.60. Además, los metales pesados se encontraron dentro de los límites de seguridad: plomo <20 mg/kg, cadmio 0.35 mg/kg, cromo 35 mg/kg y mercurio <0.001 mg/kg. Al comparar con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021, se evidenció que el pH (9.33) se encuentra fuera del rango recomendado de 6.5 a 8.5, mientras que otros parámetros como la humedad, nitrógeno total, fósforo, potasio, materia orgánica, relación C/N (11.60) y metales pesados cumplen con los límites establecidos por la norma. Se concluye que el compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, aunque cumple parcialmente con la calidad establecida por la NTP 201.208:2021, requiere ajustes específicos en su proceso para lograr un producto final óptimo y totalmente seguro para su uso agrícola o en jardinería.

**Palabras clave:** Calidad, Compost, Parámetros fisicoquímicos, Orgánicos, Residuos.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of compost produced from organic waste generated in restaurants in the city of Puno, in the year 2025. The sample consisted of organic waste collected in two restaurants of the Snack Quinta Amanecer, which were processed by collection, selection, chopping, mixing, decomposition, sieving and packing in experimental units of 20 kg. The initial batch was 100 kg of waste, obtaining 45 kg of final compost, which represents a yield of 45%. The results regarding the physicochemical parameters, the following values were recorded: pH 9.33, electrical conductivity 6.51 mS / cm, humidity 40%, total nitrogen 1.28%, phosphorus 1.09%, potassium 1.50%, organic matter 25.57%, organic carbon 14.83% and C / N ratio 11.60. In addition, heavy metals were found within safety limits: lead <20 mg/kg, cadmium 0.35 mg/kg, chromium 35 mg/kg, and mercury <0.001 mg/kg. When compared with the quality standards established by the Peruvian technical standard NTP 201.208:2021, it was shown that the pH (9.33) is outside the recommended range of 6.5 to 8.5, while other parameters such as humidity, total nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter, C/N ratio, and heavy metals comply with the limits established by the standard. It is concluded that the compost produced from organic waste generated in restaurants in the city of Puno, although it partially meets the quality requirements established by NTP 201.208:2021, requires specific adjustments to its process to achieve an optimal final product that is completely safe for agricultural or gardening use.

**Keywords:** Quality, Compost, Physicochemical parameters, Organics, Waste.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el manejo adecuado de los residuos orgánicos, los cuales constituyen una parte significativa de los residuos sólidos generados en los establecimientos de expendio de alimentos. El compostaje de estos residuos contribuye a la reducción de la carga contaminante que llega a los botaderos, minimizando así la emisión de gases de efecto invernadero como el metano, y disminuyendo la contaminación del suelo y los cuerpos de agua. Además, promueve una economía circular al transformar los desechos en un recurso útil como el compost, el cual mejora la fertilidad del suelo y reduce el uso de fertilizantes químicos (López, 2015).

Asimismo, la investigación fomenta la educación y la conciencia ambiental en la comunidad, especialmente entre los trabajadores, consumidores y propietarios del Snack Quinta Amanecer. Implementar prácticas de compostaje no solo promueve hábitos sostenibles, sino que también puede ser replicado en otros negocios similares de la ciudad de Puno, generando un efecto multiplicador. De esta forma, la presente iniciativa fortalece la responsabilidad ambiental empresarial y contribuye a mejorar la imagen de los establecimientos frente a una sociedad cada vez más consciente del cuidado del medio ambiente.

Esta investigación ofrece una alternativa viable y de bajo costo para el manejo de los residuos orgánicos generados diariamente en el establecimiento mencionado. A través de la evaluación fisicoquímica de la calidad del compost, se busca determinar si el producto cumple con los estándares establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, garantizando su uso seguro en espacios verdes, huertos o jardines. Los resultados obtenidos servirán, además, como base para futuras propuestas de gestión ambiental en pequeñas y medianas empresas del rubro alimentario de la ciudad de Puno, promoviendo una cultura de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y ecoeficiencia.

El desarrollo del presente documento se ha dividido en los siguientes apartados:

- Capítulo I: Se presenta el problema de investigación enfocado en la evaluación de la calidad del compost elaborado a partir de residuos orgánicos generados en los

restaurantes de la ciudad de Puno. Se exponen los antecedentes relevantes a nivel internacional, nacional y local, además de los objetivos generales y específicos orientados a determinar si el compost obtenido cumple con los estándares establecidos por la normativa peruana vigente.

- Capítulo II: Se desarrollan los fundamentos teóricos y conceptuales relacionados con el proceso de compostaje, las características que determinan su calidad y los efectos de los metales pesados en el suelo y la salud. Asimismo, se incorpora el marco normativo y se formulan las hipótesis que guían la investigación.
- Capítulo III: Se describe la metodología aplicada, detallando el área de estudio, la recolección de residuos orgánicos en restaurantes seleccionados y el procedimiento experimental empleado para la elaboración del compost. También se explican las técnicas y procedimientos utilizados para el análisis de sus características fisicoquímicas y de metales pesados.
- Capítulo IV: Se presentan los principales resultados del análisis realizado, evidenciando que el compost elaborado cumple parcialmente con los estándares de calidad establecidos. Finalmente, se formulan conclusiones y recomendaciones orientadas a optimizar el proceso de compostaje, a fin de obtener un producto de mejor calidad y seguro para su aplicación agrícola o en jardinería.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La generación de residuos sólidos orgánicos representa uno de los desafíos ambientales más significativos a nivel mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (ONU, 2021), se estima que cada año se generan más de 2,000 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, de los cuales aproximadamente el 44% corresponde a residuos orgánicos biodegradables. Esta situación no solo genera problemas de disposición final, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero cuando estos residuos terminan en vertederos o rellenos sanitarios sin tratamiento adecuado (Banco Mundial, 2019).

En el contexto latinoamericano, el problema se agrava debido a la limitada infraestructura de gestión de residuos y al bajo índice de valorización de los residuos orgánicos. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) señala que menos del 10% de estos residuos son aprovechados mediante compostaje u otros procesos de valorización, mientras que el resto es dispuesto de manera informal o inadecuada, generando contaminación del suelo, agua y aire (López, 2015).

En el caso de Perú, el Ministerio del Ambiente (MINAM) informa que, en 2023, se generaron más de 7 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales el 50% correspondía a materia orgánica (MINAM, 2018). Sin embargo, solo una pequeña fracción de estos residuos fue tratada mediante compostaje, siendo la mayoría dispuesta en botaderos o rellenos sanitarios. Esta situación evidencia la urgente necesidad de

implementar alternativas sostenibles de gestión de residuos orgánicos, especialmente en zonas urbanas y comerciales donde la generación de restos de alimentos es considerable (Suca, 2014).

En el ámbito local, la ciudad de Puno no es ajena a esta problemática. En establecimientos del sector gastronómico como el Snack Quinta Amanecer, se generan diariamente cantidades significativas de residuos orgánicos provenientes de la preparación y consumo de alimentos (Municipalidad Provincial Puno, 2017). Estos residuos, en su mayoría, no reciben un tratamiento adecuado y suelen ser dispuestos junto con los residuos inorgánicos, desaprovechando su potencial para la producción de compost de calidad (Soria, 2018). Esta situación no solo representa un problema ambiental, sino también una oportunidad desaprovechada para generar abono orgánico que podría utilizarse en jardines, huertos urbanos o actividades agrícolas.

Frente a este contexto, surge la necesidad de evaluar la calidad del compost que puede obtenerse a partir de los residuos orgánicos generados en el Snack Quinta Amanecer, utilizando parámetros fisicoquímicos, y contrastando los resultados con los estándares establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021. Esta evaluación permitirá no solo determinar la viabilidad del compostaje en dicho establecimiento, sino también promover prácticas ecoeficientes que contribuyan a la sostenibilidad ambiental local.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL.**

¿Cuál es la calidad del compost a partir de los residuos orgánicos en los restaurantes de la ciudad de Puno, 2025?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- ¿Cómo elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno?
- ¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado con los residuos orgánicos?
- ¿Cómo es la comparación de los resultados del compost elaborado con los estándares de calidad establecidos por la NTP 201.208:2021?

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Munizaga & Alcívar (2023), realizaron una investigación orientada a transformar desechos domésticos en compost mediante el uso de microorganismos eficientes (ME), evaluando su desempeño con pruebas de toxicidad y análisis de metales pesados. El estudio contempló tres tratamientos con concentraciones de ME del 0,25%, 0,5% y 1%, detectándose que la mayor proporción de residuos correspondía a restos de alimentos. Los tratamientos con 0,25% y 0,5% lograron disminuir hasta un 20% el volumen inicial, y los metales pesados analizados (Pb, Cd, Cu y Ni) permanecieron dentro de los valores considerados seguros para abonos orgánicos. Asimismo, se observó una reducción del pH y de la conductividad eléctrica tanto en los abonos sólidos como líquidos producidos. Aunque no se evidenció toxicidad aguda en *Eisenia foetida*, el uso del abono puro inhibió la germinación de *Lactuca sativa*. De forma general, el tratamiento con 0,5% de ME destacó por ofrecer el mejor equilibrio entre eficiencia en la reducción de volumen y baja toxicidad, mostrando un alto potencial para la gestión sostenible de residuos orgánicos en el ámbito doméstico.

Chávez & Tréboles (2023), desarrollaron en Ecuador un estudio para determinar de qué manera el tamaño de las partículas de residuos orgánicos incide en la calidad final del compost, evaluando tanto sus propiedades físicas como químicas. Para la elaboración del compost se emplearon tres insumos principales: estiércol de bovino, tierra negra o de páramo y tallos de rosa fraccionados en diferentes tamaños. El análisis del producto final reveló un pH neutro (7), densidad de 2,37, y un contenido de humedad que varió entre 32,63% y 50,77%. La porosidad presentó valores comprendidos entre 74,56% y 82,86%, mientras que la concentración de nutrientes osciló en amplios rangos: potasio de 0,11% a 1,62%, nitrógeno de 0,38% a 2,28% y fósforo de 0,07% a 0,56%. La materia orgánica, por su parte, se ubicó entre 55,05% y 30,05%. En conjunto, los resultados evidenciaron que la reducción del tamaño de los residuos puede optimizar la disponibilidad de nutrientes y

las características estructurales del compost, mejorando así su valor como enmienda orgánica.

### **1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.**

Farseque & Núñez (2024), llevaron a cabo una investigación sobre el compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales empleando activadores biológicos para mejorar el proceso de descomposición. Se aplicaron dos tratamientos: yogurt natural (T1) y chicha de jora (T2), ambos diluidos en agua cruda en proporción 1:1. Los resultados mostraron que el T1 logró la mayor descomposición, obteniéndose 4,04 kg de compost. En cuanto a los nutrientes, el fósforo (P) fue de 10 ppm (0,0107%) en T1, 95,02 ppm (0,01%) en T2 y 107,24 ppm (0,0107%) en el testigo; el potasio (K) alcanzó 2,43% en T1, 2,32% en T2 y 2,15% en el testigo; el nitrógeno (N) presentó 2,40% en T1, 1,97% en T2 y 1,72% en el testigo; el carbono (C) fue de 31,01% en T1, 25,45% en T2 y 22,26% en el testigo; y la materia orgánica (M.O.) registró 53,47% en T1, 43,89% en T2 y 38,39% en el testigo. Aunque el incremento en la descomposición de T1 fue leve, el compost obtenido cumplió con los estándares de calidad establecidos por la NTCH 2880 y la FAO (2013), confirmando su viabilidad como enmienda orgánica.

Arellano & Colan (2023), analizaron el compost elaborado a partir de residuos orgánicos recolectados en diferentes zonas del distrito de Breña, una localidad afectada por la inadecuada gestión de desechos generados por ambulantes, comerciantes y vecinos. Los insumos incluyeron cáscaras de frutas y verduras, aserrín y otros restos biodegradables. El producto final presentó un pH cercano a la neutralidad (7,43), humedad adecuada (32,58%), y altos niveles de materia orgánica (56,73%). En cuanto a nutrientes, se registraron 0,63% de fósforo, 0,74% de magnesio, 3,03% de calcio, 1,26% de sodio y una relación carbono/nitrógeno de 28,37. Estos parámetros evidencian un compost equilibrado y de buena calidad, con potencial para mejorar suelos y contribuir a la gestión sostenible de residuos en áreas urbanas.

Amanqui (2021), investigó el impacto de la optimización en el proceso de compostaje de residuos orgánicos procedentes de áreas verdes, motivado por la presencia de

deficiencias en el control y el seguimiento de este tipo de manejo de desechos. Con un diseño experimental, se construyeron y monitorearon dos pilas de compost, midiendo parámetros esenciales como la temperatura, el pH y la humedad durante el desarrollo del proceso. Los datos mostraron que la optimización aplicada no generó diferencias significativas en la descomposición. En la pila 1, la temperatura máxima registrada fue de 54 °C, el pH se mantuvo constante en 7,8 desde el inicio hasta el final, y la humedad pasó de un 60% inicial a un 38% al finalizar el compostaje. De acuerdo con la normativa chilena NCH 2880, estos valores se encuentran dentro de los rangos óptimos para definir la calidad del compost, lo que permitió clasificar el producto final como de alta calidad, apto para su uso en la mejora de suelos. Este resultado sugiere que, aun sin cambios significativos en la técnica, es posible lograr un compost de buena calidad si se cumplen los rangos establecidos y se mantienen condiciones controladas durante el proceso.

Valenzuela & Velezmoro (2020) realizaron una exhaustiva revisión sistemática de literatura científica para identificar y describir las principales técnicas utilizadas en la obtención de compost orgánico a partir de residuos agroindustriales azucareros, un tipo de desecho que, por su composición, presenta un alto potencial de aprovechamiento agrícola. El estudio se basó en la búsqueda y análisis de información en bases de datos de acceso libre e indexadas, siguiendo un protocolo metodológico estructurado en etapas para garantizar la calidad y pertinencia de las fuentes. Los artículos revisados evaluaban técnicas de compostaje aplicadas a este tipo de residuos, analizando parámetros fisicoquímicos, así como el contenido de macro y micronutrientes, para determinar la calidad del producto final. De manera general, los resultados evidenciaron compost de “muy buena” calidad, con valores de pH entre 6 y 9, conductividad eléctrica de 0,90 a 1,00, contenido de materia orgánica entre 3,5% y 4,5%, humedad entre 30% y 40%, y una relación C/N óptima de 15 a 20.

Sarmiento (2020) llevó a cabo un estudio en el distrito de Yanahuara, Arequipa, con el propósito de analizar la influencia del uso de microorganismos eficientes (ME) en la producción de compost a partir de residuos orgánicos de cocina generados en

restaurantes. La caracterización de los residuos mostró que el 53,28% correspondía a restos de comida, cáscaras y desechos de frutas y verduras, mientras que solo un 0,86% eran huesos. Aplicando un diseño experimental y el análisis estadístico T de Student con el software SPSS, se determinó que no existían diferencias significativas en el contenido de nitrógeno (N) y potasio (K) entre tratamientos, aunque sí se detectaron variaciones en humedad, relación C/N, materia orgánica, pH y fósforo (P), siendo el tratamiento T1 diferente respecto a T2, T3 y T4. Los resultados permitieron concluir que el uso de ME favorece una degradación más eficiente de los residuos orgánicos de cocina y reduce el tiempo necesario para su compostaje.

### **1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.**

Cruz (2024) evaluó en una planta piloto de compostaje en Jayllihuaya, Puno, las condiciones óptimas para transformar la basura orgánica domiciliaria en compost en un periodo de tres meses. A lo largo del proceso, se registraron variaciones notables en los parámetros fisicoquímicos. La humedad promedió 44,86%, el nitrógeno (N) 3,12%, el fósforo (P) 0,34% y el potasio (K) 2,22%. El carbono (C) presentó un valor medio de 30,94%, con una relación C/N de 9,93, considerada adecuada para un compost estabilizado. La materia orgánica alcanzó un promedio de 53,24%, reflejando una alta proporción de biomasa degradada. En cuanto a la salinidad, las sales totales promediaron 14,75 y la conductividad eléctrica 28,68, lo que indica una concentración moderada de sales solubles. El pH promedio fue de 7,98, lo que caracteriza al compost como ligeramente alcalino y apto para la mayoría de los suelos agrícolas. Estos resultados confirman que, bajo condiciones controladas y en un periodo relativamente corto, es posible obtener un compost nutritivo y estable a partir de residuos orgánicos domiciliarios. Butrón (2023) analizó la producción de compost a partir de residuos orgánicos y estiércol de ganado vacuno y ovino en la comunidad de Apacheta, Puno, un área que recibe gran parte de los desechos sólidos generados en los mercados de la ciudad de Ilave. Los resultados revelaron que ninguno de los tratamientos evaluados cumplió en su totalidad con los estándares establecidos por la normativa vigente, alcanzando, en el mejor de los

casos, sólo cuatro de los nueve parámetros exigidos: pH de 7,25, nitrógeno de 3,4%, potasio de 0,9% y materia orgánica del 68,20%. Se observó que las mezclas con estiércol de ganado vacuno y ovino ofrecieron mejores características físicas y químicas, particularmente en el aumento del contenido de nitrógeno. No obstante, el estiércol vacuno mostró un rendimiento ligeramente superior al de oveja, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa, lo que indica que ambos tipos de estiércol pueden mejorar el compost, pero sin alcanzar aún los niveles normativos requeridos.

Mullisaca et al. (2023), evaluaron el impacto del uso del inóculo *Saccharomyces cerevisiae* en el tiempo de producción del compost (tomando en cuenta su calidad) elaborado a partir de residuos orgánicos. La investigación se desarrolló en dos etapas: en la primera se determinó el contenido de carbono y nitrógeno mediante los métodos Walkley-Black y Kjeldahl, respectivamente; y en la segunda, se evaluó la eficiencia del compostaje. Entre los tratamientos, la combinación con I = 0,10%, H = 60% y una relación C/N de 20 fue la más eficiente, registrando el menor tiempo de activación (10,33 horas), un tiempo de compostaje reducido (27 días) y la mejor calidad del producto (índice de 16,01). Los hallazgos permitieron concluir que la incorporación de *S. cerevisiae* en la fase inicial del proceso contribuye significativamente a acelerar la descomposición y a mejorar la calidad final del compost, representando una estrategia viable para optimizar la gestión de residuos orgánicos.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar la calidad del compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, en el año 2025

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Elaborar compost a partir de los residuos orgánicos de los restaurantes de la ciudad de Puno.
- Analizar los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado a partir de residuos orgánicos.

- Comparar los resultados obtenidos del compost con los estándares de calidad establecidos por la NTP 201.208:2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. RESIDUOS ORGÁNICOS.

De acuerdo con González y Villalobos (2021), los residuos orgánicos representan una parte considerable de los desechos generados en las zonas urbanas, alcanzando entre el 70% y 75% del volumen total. Este tipo de residuos está compuesto principalmente por restos de alimentos, originados en distintos lugares como mercados, viviendas, comedores populares y restaurantes. Debido a su naturaleza biodegradable, pueden ser sometidos a diversos procesos de aprovechamiento, aunque, si no se gestionan adecuadamente, provocan impactos ambientales significativos.

En conjunto, las áreas urbanas y locales generan alrededor de 150 millones de toneladas anuales de este tipo de desechos. Una gran parte de esta cantidad corresponde a frutas y hortalizas que, al deteriorarse por retrasos en su consumo o por problemas en su conservación, cambian de estado y liberan metano, un gas de efecto invernadero altamente contaminante. Este fenómeno, además de representar un riesgo ambiental, evidencia la necesidad de implementar sistemas eficientes de recolección, tratamiento y valorización de los residuos orgánicos, con el fin de reducir su impacto y aprovechar su potencial como recurso (Quispe, 2015).

##### 2.1.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A NIVEL DEL PERÚ.

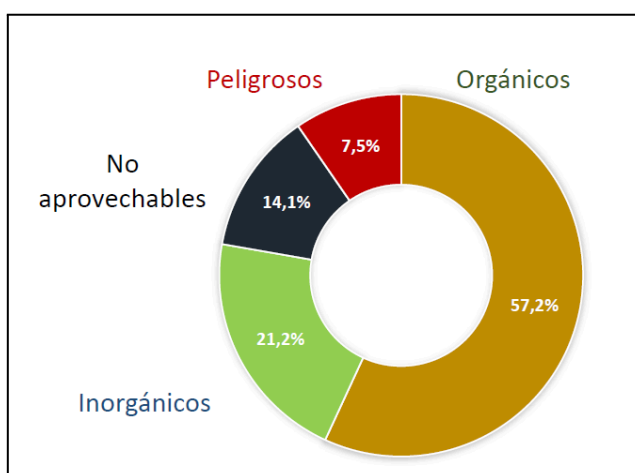
En el territorio peruano, la acumulación de residuos sólidos municipales alcanza, en promedio, las 8 450 715 toneladas anuales. De esta cifra, más de 6,5 millones de toneladas corresponden a desechos de tipo orgánico e inorgánico, de los cuales

únicamente cerca de 148 500 toneladas logran ser aprovechadas mediante procesos de valorización. Dicho aprovechamiento se debe principalmente a las iniciativas y programas de reciclaje que el Ministerio del Ambiente (MINAM) promueve en todo el país, fomentando la recuperación de materiales y la reducción de impactos ambientales (MINAM, 2024).

La composición de estos residuos proviene de diversas fuentes generadoras como hogares, centros de abasto, comercios e instituciones. En este contexto, los desechos orgánicos representan más de la mitad de la totalidad de residuos producidos a nivel nacional. Sin embargo, la mayor parte termina siendo depositada en botaderos o rellenos informales sin recibir un tratamiento previo que garantice su adecuada disposición final (MINAM, 2009).

### 2.1.3. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Según un estudio de caracterización de residuos a nivel nacional, llevado a cabo en 2022 por el MINAM a través de su Dirección de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos, la materia orgánica representa la mayor parte de los desechos producidos en el Perú (MINAM, 2022).



**Figura 01.** Composición de los residuos sólidos en el Perú.

Fuente: Estudios de caracterización Municipalidades 2019 y SIGERSOL 2022 – MINAM, 2023 (MINAM, 2022).

#### **2.1.4. EL COMPOSTAJE (COMPOST).**

El compostaje es un proceso natural y controlado mediante el cual la materia orgánica (como restos de alimentos, hojas secas o podas) se descompone y se transforma en humus gracias a la acción de diversos microorganismos. Para que esta transformación ocurra de manera eficiente, es necesario asegurar ciertas condiciones óptimas, como una temperatura adecuada, una proporción equilibrada de carbono y nitrógeno, buena aireación y un nivel de humedad apropiado. Estas condiciones favorecen la fermentación aeróbica, es decir, la descomposición en presencia de oxígeno (Delgado et al., 2019).

De acuerdo con López et al. (2017), este proceso se desarrolla de forma biológicamente controlada y tiene como resultado un producto estable conocido como compost. Este material no es simplemente un abono, sino que actúa como un nutriente fundamental para la cadena trófica del suelo, promoviendo la actividad microbiana y mejorando su estructura y fertilidad. Además, el compost puede funcionar como una especie de “semilla” de microorganismos beneficiosos que contribuyen a la prevención de enfermedades en cultivos, reduciendo la necesidad de insumos químicos.

Según lo expuesto por Oviedo et al. (2017), el compostaje no solo es una práctica agrícola sostenible, sino también una herramienta clave para la conservación de los suelos y el mantenimiento de su productividad a largo plazo. Su incorporación en los agroecosistemas puede mejorar la retención de agua, aportar nutrientes esenciales y fortalecer la resiliencia de los cultivos frente a condiciones adversas. En este sentido, el compost se presenta como un aliado indispensable para una agricultura más saludable y respetuosa con el medio ambiente.

#### **2.1.5. ETAPAS DEL COMPOSTAJE**

Durante el proceso de compostaje, la materia orgánica inicial experimenta una descomposición progresiva gracias a la acción de diversos microorganismos. Esta actividad microbiana genera calor, lo que produce un cambio en la temperatura de la mezcla a lo largo del tiempo. Precisamente, el seguimiento de esta variación térmica

permite identificar las distintas etapas del compostaje, cada una con características propias y funciones específicas dentro del ciclo de transformación (ODS, 2022):

**La Fase Mesófila:** Esta primera etapa se inicia con los materiales a temperatura ambiente, y en cuestión de pocas horas o días la temperatura comienza a elevarse, alcanzando valores cercanos a los 45 °C. Este incremento térmico es consecuencia directa de la intensa actividad de los microorganismos mesófilos, que aprovechan el carbono como fuente de energía y el nitrógeno para su desarrollo, generando calor como subproducto. En esta fase, predominan bacterias y hongos que degradan compuestos fácilmente descomponibles como azúcares, proteínas y almidones (García, 2022).

**Fase termófila o de higienización:** En esta etapa, la temperatura de la mezcla sobrepasa los 45 °C, lo que provoca que los microorganismos que operaban en condiciones más templadas (mesófilos) sean sustituidos por aquellos capaces de desarrollarse en temperaturas elevadas. Se le denomina también fase de higienización, ya que el calor intenso actúa como un agente desinfectante, eliminando bacterias y otros patógenos de origen fecal, como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*. Para garantizar una desinfección eficaz, es esencial que la temperatura se mantenga por encima de los 55 °C, lo que asegura la destrucción de quistes, huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que podrían germinar en el compost. Como resultado, el producto obtenido es seguro e higiénico (García, 2022).

**Fase de enfriamiento o Mesófila II:** Una vez agotadas las principales reservas de carbono y, en especial, el nitrógeno presente en la materia en descomposición, la actividad microbiana disminuye, lo que provoca una reducción progresiva de la temperatura, estabilizándose en un rango de 40 a 45 °C. En esta etapa, los microorganismos mesófilos vuelven a predominar, contribuyendo a continuar la degradación de compuestos más resistentes (García, 2022).

**Fase de maduración:** Esta última etapa se desarrolla a temperatura ambiente y se caracteriza por la formación de compuestos estables. Durante este periodo, ocurren reacciones químicas secundarias, como la polimerización y condensación de las

sustancias carbonadas, que dan origen a los ácidos húmicos y fúlvicos, fundamentales para mejorar la estructura y fertilidad del suelo. En este punto, el compost adquiere su textura, color y olor característicos, quedando listo para su uso agrícola o en jardinería (García, 2022).

#### **2.1.6. COMPOSTAJE AERÓBICO.**

De acuerdo con Abbas y Flayeh (2024), el compostaje aeróbico es un proceso biológico controlado mediante el cual los desechos orgánicos son transformados y descompuestos gracias a la acción de microorganismos que requieren oxígeno para su metabolismo. En este tipo de compostaje, bacterias, hongos y otros microorganismos aeróbicos desempeñan un papel fundamental, ya que aceleran la descomposición de la materia orgánica, generando un producto final estable y rico en nutrientes.

Los residuos utilizados para este proceso suelen provenir, en gran medida, de restos de alimentos y vegetales generados en mercados, hogares, restaurantes y establecimientos similares. La correcta aireación del material es esencial para mantener la actividad microbiana y evitar condiciones anaeróbicas que puedan producir malos olores o retrasar la descomposición.

#### **2.1.7. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE.**

**a. Potencial de hidrogeniones (pH).** De acuerdo con García et al. (2024), el pH constituye un factor determinante para la actividad y supervivencia de los microorganismos involucrados en el compostaje. En este proceso, se considera que un pH cercano a la neutralidad favorece el desarrollo óptimo de la microbiota responsable de la descomposición de la materia orgánica. Valores extremos de alcalinidad o acidez pueden alterar los equilibrios ácido-base, afectando la estabilidad de los compuestos químicos y, en consecuencia, la conservación de elementos esenciales para la transformación del material. Un pH equilibrado no solo optimiza la descomposición, sino que también contribuye a la calidad final del compost.

**b. Temperatura del proceso del compostaje aeróbico.** Villalba et al. (2021), mencionan que la temperatura es otro parámetro crítico que influye directamente en la

velocidad y eficacia del compostaje. Este factor está condicionado por las características climáticas del lugar y por la forma de disposición de la materia, ya sea en montones o pilas. Durante el proceso, se identifican dos rangos térmicos fundamentales: la fase mesofílica (25-38 °C), donde los microorganismos comienzan la degradación inicial, y la fase termofílica (55-70 °C), caracterizada por un notable incremento de la actividad microbiana y una aceleración significativa de la descomposición. En esta última etapa, la fermentación genera calor como resultado de reacciones químicas exotérmicas, intensificando el trabajo de los microorganismos y favoreciendo la higienización del material al eliminar patógenos y semillas de malezas.

**c. Humedad.**

La humedad es un factor indispensable para la supervivencia y metabolismo de los microorganismos aerobios que intervienen en el compostaje. En el método aeróbico, el rango óptimo se sitúa entre el 50 % y el 60 %, lo que garantiza una adecuada actividad biológica y una correcta descomposición de la materia orgánica. Niveles inferiores al 40 % ralentizan considerablemente el proceso, mientras que valores superiores al 60 % favorecen condiciones de anaerobiosis, generando olores desagradables y reduciendo la calidad del compost (Tarrillo, 2020).

**2.1.8. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.**

**a. Nitrógeno (N).**

El nitrógeno es uno de los elementos químicos esenciales presentes en el abono orgánico resultante del compostaje, desempeñando un papel fundamental en la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. Durante el proceso, este elemento se libera y transforma a partir de la descomposición de la materia orgánica, en un ciclo que involucra su mineralización. Este proceso convierte el nitrógeno orgánico en formas inorgánicas más asimilables para las plantas, como el amonio y posteriormente los nitratos (Leiva & Tapia, 2020).

b. Fosforo (P).

El fósforo es otro elemento clave presente en el compost maduro, con una función decisiva en el desarrollo de las raíces, la floración y la maduración de frutos y semillas. Este nutriente se incorpora principalmente durante la descomposición de los residuos orgánicos, donde queda fijado en forma de compuestos que son liberados de manera gradual en el suelo (Iglesias, 2014).

c. Potasio (K).

El potasio, presente en el compost final, es un macronutriente fundamental para el desarrollo saludable de los cultivos, ya que interviene en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la regulación hídrica y la resistencia a enfermedades. Aunque el potasio se caracteriza por tener poca afinidad con los compuestos de origen orgánico, su disponibilidad en el compost lo convierte en un elemento altamente beneficioso para mejorar el rendimiento de los suelos y potenciar la producción agrícola (Tarrillo, 2020).

#### **2.1.9. METALES PESADOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.**

**Plomo (Pb):** Es un metal pesado de color gris azulado, utilizado en baterías, pinturas y tuberías. Es altamente tóxico y puede acumularse en los organismos vivos, afectando el sistema nervioso, los riñones y otros órganos (Delgado et al., 2019).

**Cadmio (Cd):** Metal blando de color plateado, empleado en baterías, pigmentos y recubrimientos metálicos. Su presencia en el ambiente proviene principalmente de actividades industriales, y su exposición prolongada puede causar daños renales y óseos.

**Cromo (Cr):** Metal duro y brillante, utilizado en la fabricación de aceros inoxidables y productos químicos. En pequeñas cantidades puede ser esencial para el metabolismo, pero en formas tóxicas como el cromo hexavalente resulta peligroso para la salud y el ambiente (Leiva & Tapia, 2020)..

**Mercurio (Hg):** Metal líquido a temperatura ambiente, empleado en termómetros, lámparas y procesos industriales. Es muy tóxico y puede bioacumularse en la cadena alimentaria, provocando alteraciones neurológicas y daños al sistema inmunológico (Delgado et al., 2019).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Residuos orgánicos:** Son materiales biodegradables provenientes principalmente de frutas, verduras y restos de comida generados en hogares, mercados y restaurantes. Representan entre el 70% y 75% del volumen de residuos urbanos, causando impactos ambientales negativos si no se gestionan adecuadamente (Gonzales & Villalobos, 2021).

**Compostaje (compost):** Es un proceso biológico mediante el cual la materia orgánica se transforma en humus, gracias a la acción de microorganismos en condiciones controladas de temperatura, aireación, humedad y proporción C/N. El compost resultante es un producto estabilizado y beneficioso para la fertilidad del suelo (Delgado et al., 2019; López et al., 2017; Oviedo et al., 2017).

**Etapas del compostaje:** El proceso de compostaje comprende varias fases: mesófila, termófila, mesófila II (enfriamiento) y maduración, caracterizadas por variaciones en la temperatura y actividad microbiana. Estas etapas aseguran la descomposición eficiente y la higienización del compost (ODS, 2022; García, 2022).

**Compostaje aeróbico:** Es un proceso de descomposición de residuos orgánicos en presencia de oxígeno, facilitado por bacterias, hongos y otros microorganismos. Se desarrolla entre 35 y 60 °C y culmina en aproximadamente 60 días (Abbas & Flayeh, 2024).

**pH:** Influye en el equilibrio ácido-base y en la actividad microbiana del compost, siendo el pH neutro (7) el más adecuado (García et al., 2024).

**Temperatura:** Oscila entre las zonas mesofílica (25–38 °C) y termofílica (55–70 °C), siendo crucial para el crecimiento microbiano y la descomposición (Villalba et al., 2021).

**Humedad:** Debe mantenerse entre 50% y 60% para garantizar la actividad microbiana; niveles inferiores ralentizan el proceso y superiores generan condiciones anaeróbicas (Tarrillo, 2020).

**Nitrógeno (N):** Se mineraliza durante el compostaje, pasando de formas orgánicas a nitratos útiles para el suelo (Leiva & Tapia, 2020).

**Fósforo (P):** Aporta al desarrollo radicular y la productividad de cultivos, estando presente en altas concentraciones en compost maduro (Iglesias, 2014).

**Potasio (K):** Mejora el rendimiento agrícola y la calidad del suelo, aunque tiene menor afinidad por los compuestos orgánicos. (Tarrillo, 2020).

### 2.3. MARCO NORMATIVO

- **Decreto Supremo N.º 003-2013-MINAM – Política Nacional del Ambiente.** Este decreto establece los lineamientos generales que orientan la política ambiental del Perú, buscando garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Dentro de sus ejes estratégicos, el apartado de “Gestión de residuos sólidos” promueve la adopción de tecnologías limpias y sostenibles, así como la valorización orgánica de los residuos, entre ellos el compostaje. Este proceso es reconocido como una herramienta clave para la reducción de la cantidad de residuos que llegan a disposición final y para la producción de abonos orgánicos de calidad, contribuyendo a la meta nacional de alcanzar “ciudades limpias, saludables y sostenibles”.
- **Ley N.º 27314 – Ley General de Residuos Sólidos.** Esta norma constituye el marco legal base para la gestión integral de residuos sólidos en el territorio nacional. Su objetivo es regular las actividades de minimización, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de residuos, garantizando la protección de la salud pública y del ambiente. Reconoce explícitamente la importancia de la valorización de residuos orgánicos, estableciendo en su Artículo 18 que estos deben ser preferentemente tratados mediante procesos de compostaje u otras tecnologías que permitan su aprovechamiento como insumos agrícolas, cerrando así el ciclo de la materia orgánica.
- **Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM.** Este reglamento desarrolla y precisa los lineamientos técnicos y operativos para implementar la gestión integral de los residuos sólidos, abarcando desde su generación hasta su disposición final. En lo referente a los residuos orgánicos, detalla los requisitos para su separación en la

fuelle, el transporte diferenciado y el tratamiento mediante compostaje, biodigestión u otros métodos de valorización. Asimismo, incorpora estándares de calidad para los productos finales derivados de estos procesos, con el fin de asegurar su uso seguro en actividades agrícolas y de jardinería.

- **Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021.** Emitida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), esta norma técnica establece los criterios mínimos de calidad física, química y microbiológica que debe cumplir el compost para su comercialización y uso seguro. Define parámetros como el contenido de nutrientes (N, P, K), la humedad, el pH, la ausencia de contaminantes peligrosos y la madurez del producto. Su aplicación asegura que el compost obtenido cumpla con los estándares exigidos para garantizar su efectividad como fertilizante orgánico y prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- **Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente.** Considerada como la norma marco del sistema jurídico ambiental peruano, esta ley consagra los principios y normas básicas para la protección y gestión ambiental en el país. Establece la obligación de priorizar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, antes que su disposición final en rellenos sanitarios. Asimismo, fomenta la implementación de programas de aprovechamiento de residuos orgánicos mediante compostaje y otras formas de valorización, como parte de las políticas públicas para promover el desarrollo sostenible, la conservación de los recursos naturales y la mitigación de la contaminación ambiental.

## 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, es de calidad.

### 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

- Es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos de los restaurantes de la ciudad de Puno.

- Los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para compost de buena calidad.
- Los resultados del compost elaborado cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en ambientes del SNACK QUINTA AMANECER, cuyo RUC es 10801431980 y su actividad declarada es: “Actividades de Restaurantes y de Servicio Móvil de Comidas”, organización que tiene dos locales, el principal ubicado en el Jirón Titicaca N° 238 y el segundo local ubicado en el Jirón Titicaca 312 ambos de la ciudad de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno. La coordenada UTM del local principal es: latitud -16.057756 y longitud: -69.639460.



**Figura 02:** Ubicación geográfica de los locales del Snack Quinta Amanecer, en la ciudad de Puno.

**Fuente:** Adaptado de las imágenes de Google Maps.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

#### 3.2.1. POBLACIÓN.

La población de estudio de la presente investigación estuvo conformada por los residuos orgánicos acumulados en los restaurantes de la ciudad de Puno, cuyo número fue de 134 establecimientos registrados según la Cámara de Comercio y Producción de Puno, lo que incluyó puestos para almorzar, cafeterías, pizzerías y otros servicios gastronómicos (CCPP, 2025).

#### 3.2.2. MUESTRA.

La muestra de la investigación fue de tipo no probabilística y por conveniencia, ya que estuvo conformada por los residuos orgánicos generados en dos restaurantes

pertenecientes al Snack Quinta Amanecer, cuyas ubicaciones se describen a continuación:

- Local 01 (principal): Av. Titicaca N.° 238.
- Local 02: Av. Titicaca N.° 312.

La unidad experimental, denominada compostera, tuvo una masa total de 20 kilogramos de residuos orgánicos provenientes de ambos locales, los cuales fueron utilizados para la elaboración del compost.

### **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Esta investigación fue de tipo descriptiva - explicativa, debido a que buscó resolver un problema concreto relacionado con el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante el proceso de compostaje. Se consideró explicativa porque no solo describió el proceso y los resultados obtenidos del compostaje, sino que también analizó y explicó si estos cumplían con los estándares establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021.

#### **3.3.2. DISEÑO**

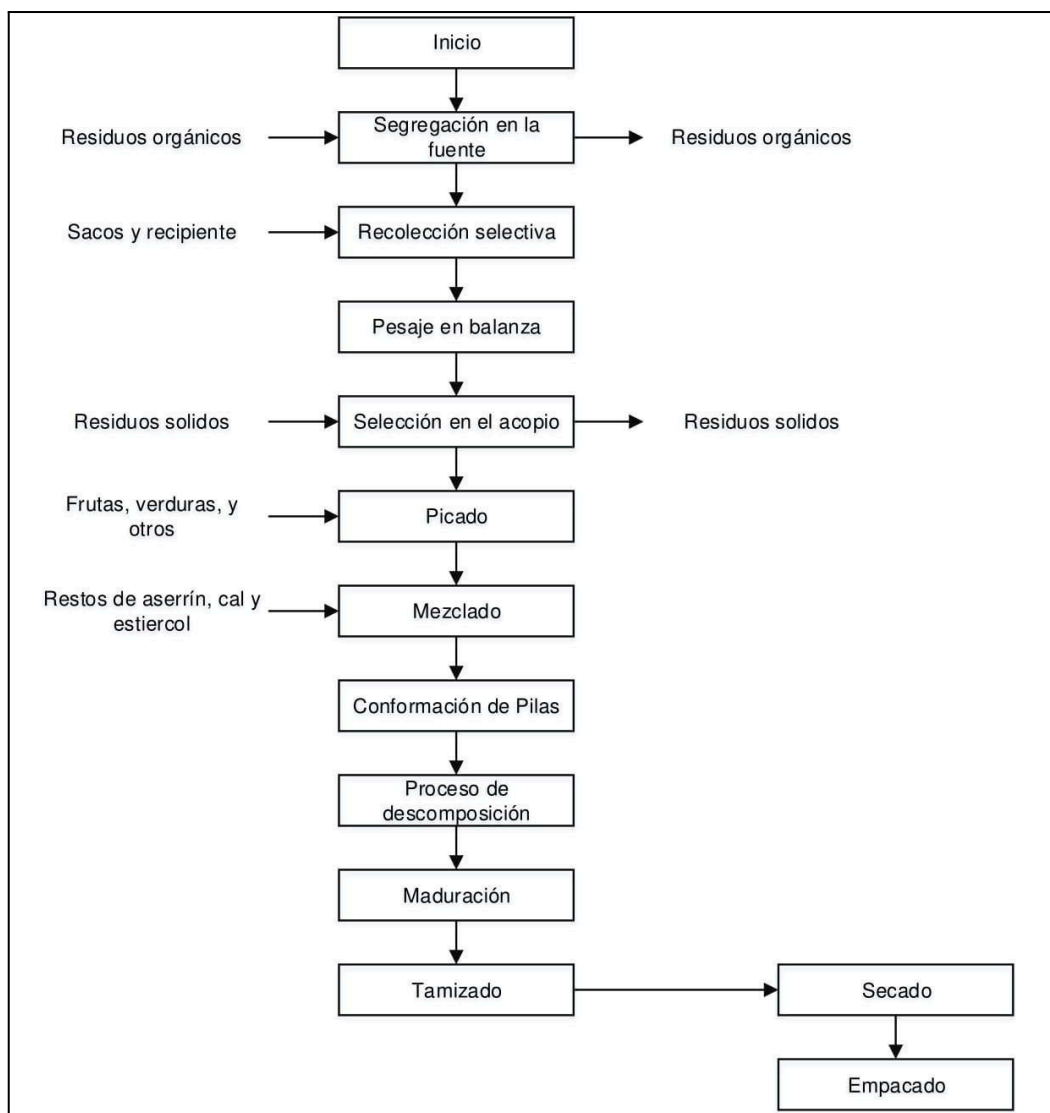
El diseño de la investigación fue no experimental y de corte transversal, ya que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio. Se observó y analizó el compost elaborado a partir de los residuos orgánicos en un momento determinado del proceso, específicamente cuando el compost alcanzó su fase de maduración.

### **3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO**

**a. Metodología para el primer objetivo específico. Elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno..**

#### **Flujograma para el proceso del compostaje.**

Para la elaboración del compostaje se siguió un flujograma que abarcó desde la recolección de los residuos hasta la obtención del abono final y su respectivo embolsado, tal como se muestra en la figura correspondiente, considerando en todo momento los protocolos y las medidas de bioseguridad establecidas.



**Figura 03.** Flujo grama del aprovechamiento de residuos orgánicos a través de compostaje.

**Fuente:** (García, 2022).

**Descripción del Flujograma:**

- **Recolección:**

La recolección se realizó en dos etapas. La primera consistió en recolectar los residuos orgánicos producidos en los dos locales de la Quinta Snack Amanecer. Los residuos recolectados fueron trasladados en sacos mediante un vehículo privado hasta la planta ubicada en el local 01.

- **Selección en la planta:**

En esta etapa se contó con personal de apoyo para la clasificación de los residuos orgánicos, ya que estos incluían diversos tipos de productos. Se utilizó una balanza con capacidad de 100 kg para el pesado de los residuos, con el fin de preparar el material para el proceso de descomposición.

- **Picado:**

Posteriormente, se realizó el picado de todos los residuos orgánicos seleccionados, tales como frutas, verduras y flores. Este proceso permitió obtener una mezcla más homogénea, favoreciendo una descomposición uniforme. La herramienta empleada fue un triturador manual.

- **Mezclado:**

De acuerdo con las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013), el mezclado se efectuó considerando las siguientes proporciones:

- Residuo orgánico: 25 kg (25%)
- Estiércol: 25 kg (25%)
- Aserrín: 50 kg (50%)

Este procedimiento permitió obtener una mezcla homogénea y facilitar el proceso de descomposición.

- **Proceso de la descomposición:**

El proceso de descomposición tuvo una duración aproximada de 45 días, durante los cuales se realizaron volteos cada 15 días para favorecer la aireación. Asimismo, se efectuaron controles fisicoquímicos periódicos. Transcurridos los primeros 25 días, se inició la etapa de maduración, que se extendió por 20 días adicionales, durante los cuales se formó el abono natural.

- **Tamizado:**

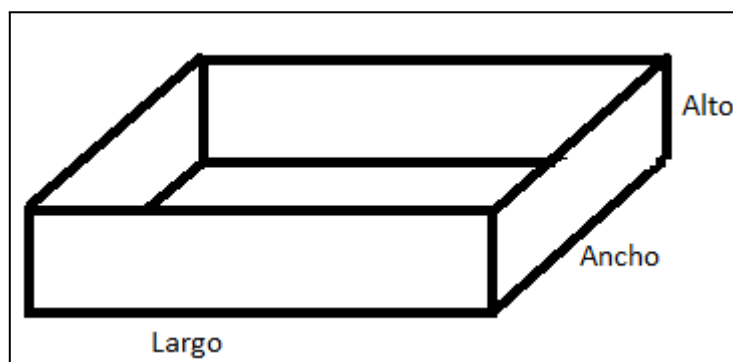
Una vez completada la maduración, se efectuó el tamizado del compost. En esta etapa se utilizó un tamiz con el propósito de obtener un abono natural puro, libre de materiales extraños y con una adecuada presentación.

- **Empacado:**

Finalmente, se realizó el empacado de manera manual. El compost fue pesado en una balanza analítica de 5 kg y posteriormente envasado en bolsas de papel kraft con una presentación de 1 kg, asegurando una presentación adecuada para su almacenamiento o distribución.

**Diseño de la Compostera:**

Para la implementación de la compostera, que contuvo las unidades experimentales, se empleó un diseño en forma de montículo, con las especificaciones establecidas para el desarrollo del proceso de compostaje.



**Figura 04:** Forma de la unidad experimental.

Donde:

- Largo: 0.8 m.
- Ancho: 0.6 m.
- Alto: 0.2 m.
- Area: 0.48 m<sup>2</sup>

**b. Metodología para el segundo objetivo específico. Analizar los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado a partir de residuos orgánicos.**

Se realizó un análisis fisicoquímico y de metales pesados en laboratorio con el propósito de determinar la calidad del compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en el Snack Quinta Amanecer.

**Tabla 01:** Parámetros evaluados.

Parámetro	Tipo	Importancia
pH	Fisicoquímico	Indica la acidez o alcalinidad del compost. Afecta la disponibilidad de nutrientes.
Humedad (%)	Físico	Permite saber si el compost está suficientemente seco para su uso.
Temperatura (°C)	Físico	Muestra el estado de actividad microbiana.
Relación C/N	Químico	Indicador clave de madurez y estabilidad del compost.
Materia orgánica (%)	Químico	Estima el contenido útil del compost para el suelo.
Nitrógeno total (%)	Químico	Nutriente esencial para las plantas.
Fósforo (P) disponible	Químico	Importante para el desarrollo radicular.
Potasio (K) disponible	Químico	Influye en la floración y fructificación.
Plomo (mg/Kg)	Metal pesado	Metal tóxico que puede afectar el sistema nervioso y reducir la calidad del compost.
Cadmio (mg/Kg)	Metal pesado	Altamente tóxico; puede acumularse en plantas y afectar la salud humana.

Cromo (mg/Kg)	Metal pesado	En exceso puede ser contaminante y tóxico para organismos del suelo.
Mercurio (mg/Kg)	Metal pesado	Muy tóxico; contamina suelos y puede bioacumularse en la cadena alimentaria.

---

**b. Metodología para el segundo objetivo específico. Comparar los resultados obtenidos del compost con los estándares de calidad establecidos por la NTP 201.208:2021.**

Esta parte del estudio fue de carácter comparativo-normativo, ya que tuvo como propósito evaluar si el compost elaborado cumplió con los valores de referencia estipulados por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021: Abonos orgánicos - Compost - Requisitos.

Para ello, se analizaron los resultados obtenidos en el laboratorio y se los contrastó, parámetro por parámetro, con los límites mínimos y máximos establecidos por dicha norma (ver Anexo 02).

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 02:** Identificación de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b>INDEP.</b>	Valores de	pH	unidad
Compost en	parámetros	Humedad	%
base a los	fisicoquímicos	Temperatura	°C
residuos		Relación C/N	proporcion
orgánicos.		Materia orgánica	%
		Nitrógeno total	%
		Fósforo (P) disponible	mg
	Valores de	Potasio	mg/Kg
	parámetros de	Plomo	mg/Kg
	metales pesados	Cadmio	mg/Kg
		Cromo	mg/Kg
		Mercurio	mg/Kg
<b>DEP.</b>			
Calidad del NTP		Cumplimineto	SI/NO
compost	201.208:2021.		

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

En primer lugar, los datos recolectados de los análisis fisicoquímicos (pH, humedad, temperatura, relación C/N, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) fueron organizados en tablas de Excel para su registro, sistematización y análisis estadístico descriptivo, mediante el cálculo de medidas de tendencia central como el promedio, mínimo, máximo y desviación estándar.

Posteriormente, los resultados obtenidos fueron contrastados con los valores de referencia establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, con el fin de determinar el grado de cumplimiento de cada parámetro respecto a los estándares de calidad para abonos orgánicos tipo compost.

Finalmente, los resultados fueron presentados en tablas y gráficos comparativos, los cuales permitieron visualizar de manera clara las diferencias o coincidencias entre los valores obtenidos y los rangos normativos, facilitando la interpretación y la discusión de los resultados.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. ELABORAR COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LOS RESTAURANTES DE LA CIUDAD DE PUNO.

**Tabla 03:** Distribución de los residuos orgánicos provenientes del restaurante.

Tipo de residuo orgánico	Cantidad (kg)	% del lote
Restos de verduras (cáscaras, tallos, hojas)	10.0 kg	40.0 %
Cáscaras y residuos de fruta	5.0 kg	20.0 %
Posos de café y filtros usados	3.0 kg	12.0 %
Pan, bollería y restos de masa	3.0 kg	12.0 %
Restos de comida cocinada (pequeñas porciones)	2.0 kg	8.0 %
Flores y material ornamental	1.5 kg	6.0 %
Cáscaras de huevo	0.5 kg	2.0 %
<b>Total</b>	<b>25.0 kg</b>	<b>100.0 %</b>

Como se puede apreciar en la tabla 03, los residuos orgánicos recolectados en los restaurantes pertenecientes al Snack Quinta Amanecer estuvieron conformados principalmente por restos de verduras (40%) y cáscaras de frutas (20%), que en conjunto

representaron el 60% del total del lote, evidenciando una alta proporción de materia vegetal fresca y fácilmente biodegradable.

Asimismo, se registraron posos de café y filtros usados (12%), pan y restos de masa (12%), así como pequeñas cantidades de comida cocinada (8%), flores (6%) y cáscaras de huevo (2%), materiales que complementaron la mezcla para el proceso de compostaje.

Esta composición reflejó la naturaleza típica de los residuos generados en establecimientos gastronómicos, caracterizados por un alto contenido de humedad y nutrientes, lo cual favoreció el proceso biológico de descomposición y la formación de compost de buena calidad.

**Tabla 04:** Cantidad de compost obtenido.

DETALLE	CANTIDAD (KG)
Total de material inicial	100
Pérdida por degradación y evaporación	55
Compost final obtenido	45

Como se aprecia en la tabla 04, el rendimiento del compost obtenido fue del 45%, lo que significa que de un total de 100 kg de material orgánico inicial (compuesto por residuos orgánicos, estiércol y aserrín) se logró producir 45 kg de abono orgánico maduro. Durante el proceso de compostaje se registró una pérdida del 55% del peso inicial, atribuida principalmente a la evaporación del agua contenida en los residuos, la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases producto de la actividad microbiana, así como a la transformación de la materia orgánica en compuestos más estables. Este resultado se encuentra dentro de los rangos esperados reportados en estudios similares, donde los rendimientos suelen oscilar entre 40% y 50%, lo que indica que el proceso se desarrolló

bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y aireación, permitiendo una correcta descomposición y maduración del compost obtenido.

#### 4.2. ANALIZAR LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES PESADOS DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

**Tabla 05:** Parámetros fisicoquímicos y metales pesados.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES PESADOS	UNIDAD	COMPOST
pH	Unidad	9.33
Conductividad eléctrica.	mS/cm	6.51
Humedad	%	40.00
Nitrógeno Total	%	1.28
Fosforo total	%	1.09
Potasio total	%	1.50
Materia Orgánica	%	25.57
Carbono Orgánico	%	14.83
Relación C/N	Proporción	11.60
Plomo	mg/Kg	<20
Cadmio	mg/Kg	0.35
Cromo	mg/Kg	35.00
Mercurio	mg/Kg	<0.001

El análisis de los resultados de la Tabla 05 muestra que el compost obtenido presenta características fisicoquímicas adecuadas para un material orgánico maduro y estable. El

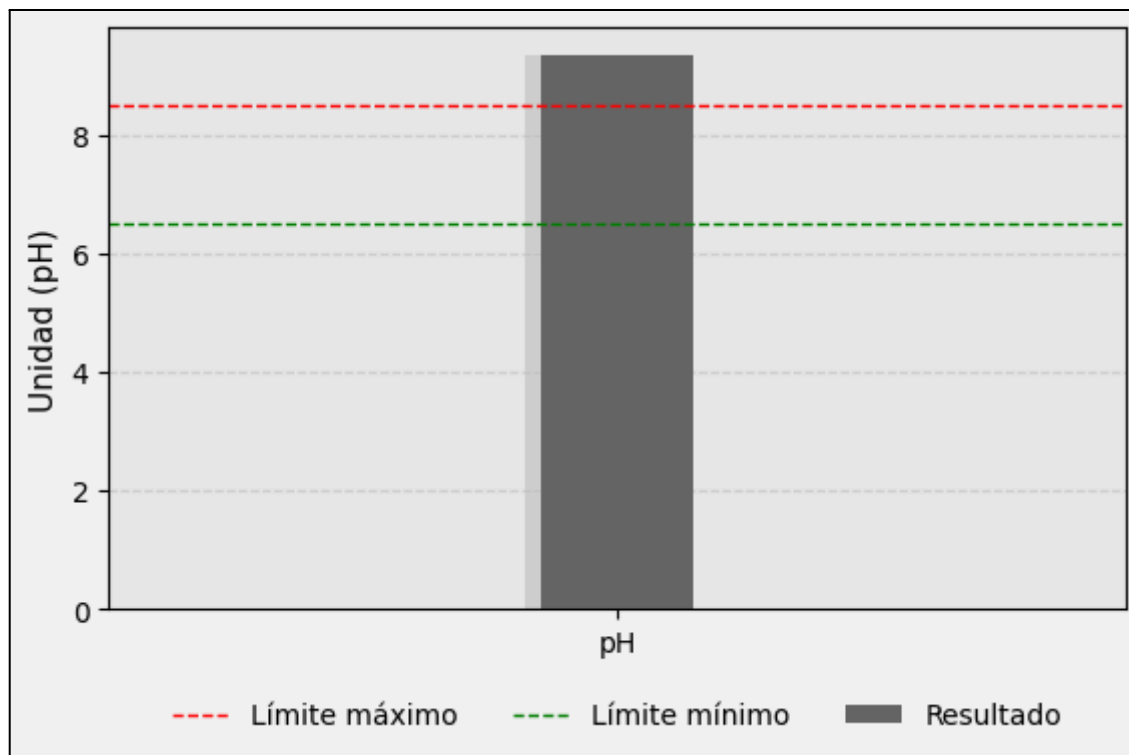
pH de 9.33 indica una ligera alcalinidad, lo cual es común en compost derivados de residuos orgánicos de cocina, especialmente cuando incluyen restos de frutas, verduras y estiércol. La conductividad eléctrica (6.51 mS/cm) sugiere una presencia moderada de sales solubles, resultado del proceso de mineralización durante la descomposición.

El contenido de humedad (40%) se encuentra dentro de un rango óptimo para mantener la actividad microbiana durante la maduración, sin llegar a niveles que generen compactación o falta de oxigenación. En cuanto a los nutrientes, los valores de nitrógeno (1.28%), fósforo (1.09%) y potasio (1.50%) reflejan un compost con buena capacidad fertilizante, capaz de aportar elementos esenciales para el crecimiento vegetal.

El contenido de materia orgánica (25.57%) y el carbono orgánico (14.83%) indican una adecuada transformación del material inicial, mostrando que la descomposición fue eficiente. La relación C/N de 11.60 sugiere que el compost alcanzó un buen grado de madurez, ya que valores cercanos a 10 son característicos de un material estable y listo para su uso agrícola.

Finalmente, los niveles de metales pesados (Pb, Cd, Cr, Hg) fueron bajos, lo que evidencia que los residuos utilizados no aportaron contaminantes significativos y que el proceso de compostaje fue limpio. En conjunto, estos resultados demuestran que el compost obtenido posee propiedades físicas y químicas favorables para ser utilizado como enmienda orgánica en suelos agrícolas o urbanos.

#### 4.3. COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL COMPOST CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD ESTABLECIDOS POR LA NTP 201.208:2021.

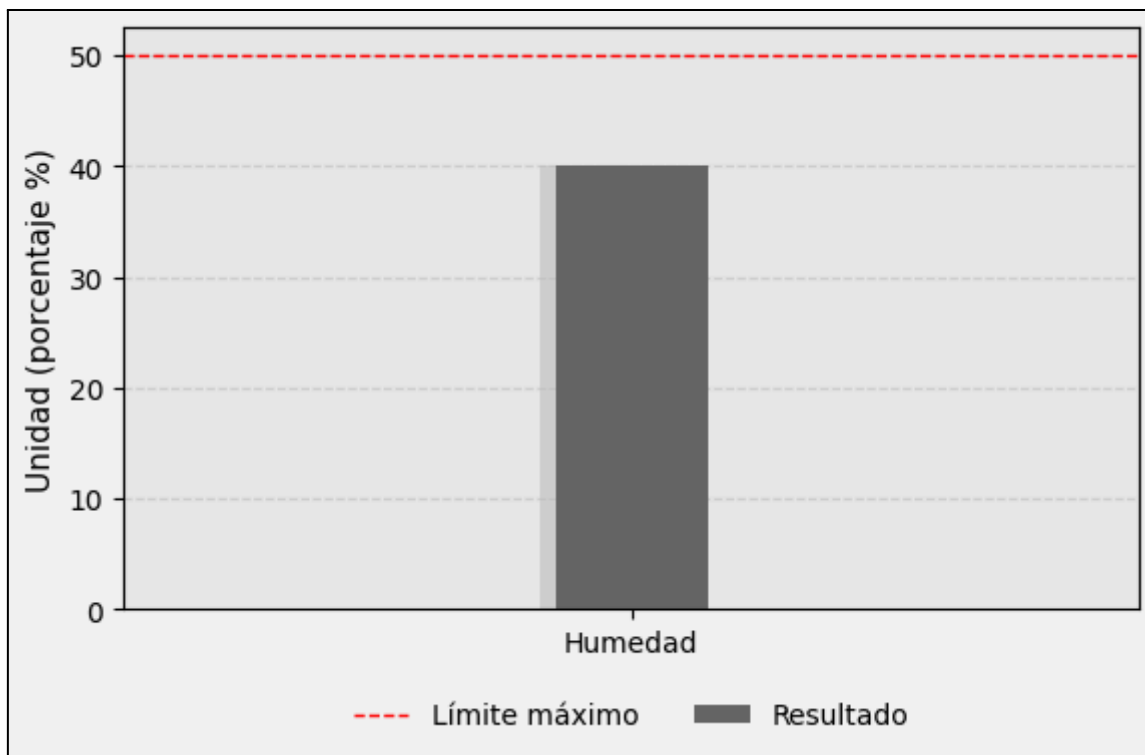


**Figura 05:** Comparación del pH con la NTP 201.208:2021.

Como se aprecia en la figura 05, el valor del pH obtenido en el compost fue de 9.33, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un rango aceptable de 6.5 a 8.5 para compost de buena calidad. El valor registrado indica que el compost presenta una ligera alcalinidad superior al límite máximo establecido por la norma. Este incremento puede deberse a la descomposición de materiales con alto contenido de compuestos nitrogenados (como el estiércol) o a una aireación excesiva durante el volteo, que favorece la pérdida de CO<sub>2</sub> y eleva el pH. Un pH superior a 8.5 puede reducir la disponibilidad de algunos micronutrientes en el suelo y afectar el crecimiento de plantas sensibles a la alcalinidad.

El compost **no cumple** con el rango establecido por la NTP 201.208:2021 en cuanto al parámetro de pH, por lo que se considera ligeramente alcalino. Sin embargo, este valor no impide su uso agrícola, aunque se recomienda mezclarlo con suelos de pH neutro o

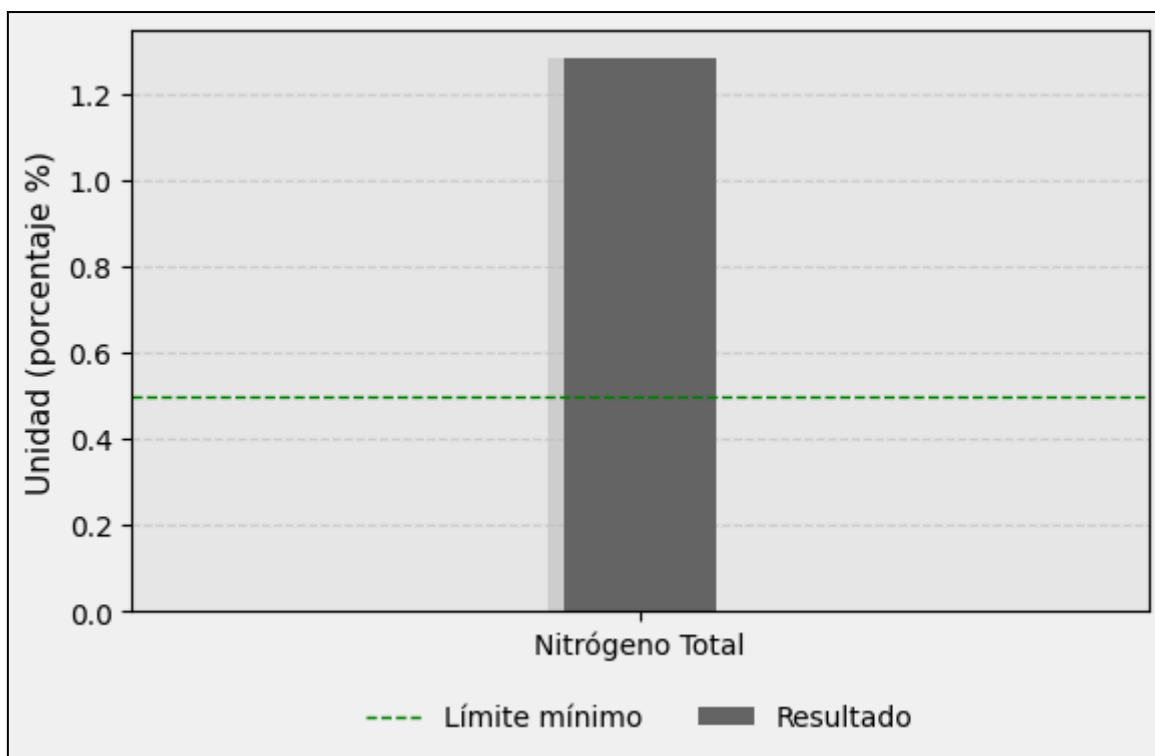
ligeramente ácido para equilibrar su reacción y mejorar su desempeño como abono orgánico.



**Figura 06:** Comparación de la humedad con la NTP 201.208:2021.

De acuerdo al resultado de la figura 06, el valor de humedad obtenido en el compost fue de 40 %, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece que la humedad del compost no debe superar el 50 %. El valor hallado se encuentra dentro del límite permitido por la norma, lo cual indica que el compost presenta un nivel adecuado de humedad para su manejo, almacenamiento y aplicación. Una humedad del 40 % permite mantener la actividad microbiana sin generar condiciones anaeróbicas, evitando olores desagradables y favoreciendo la estabilidad del producto final.

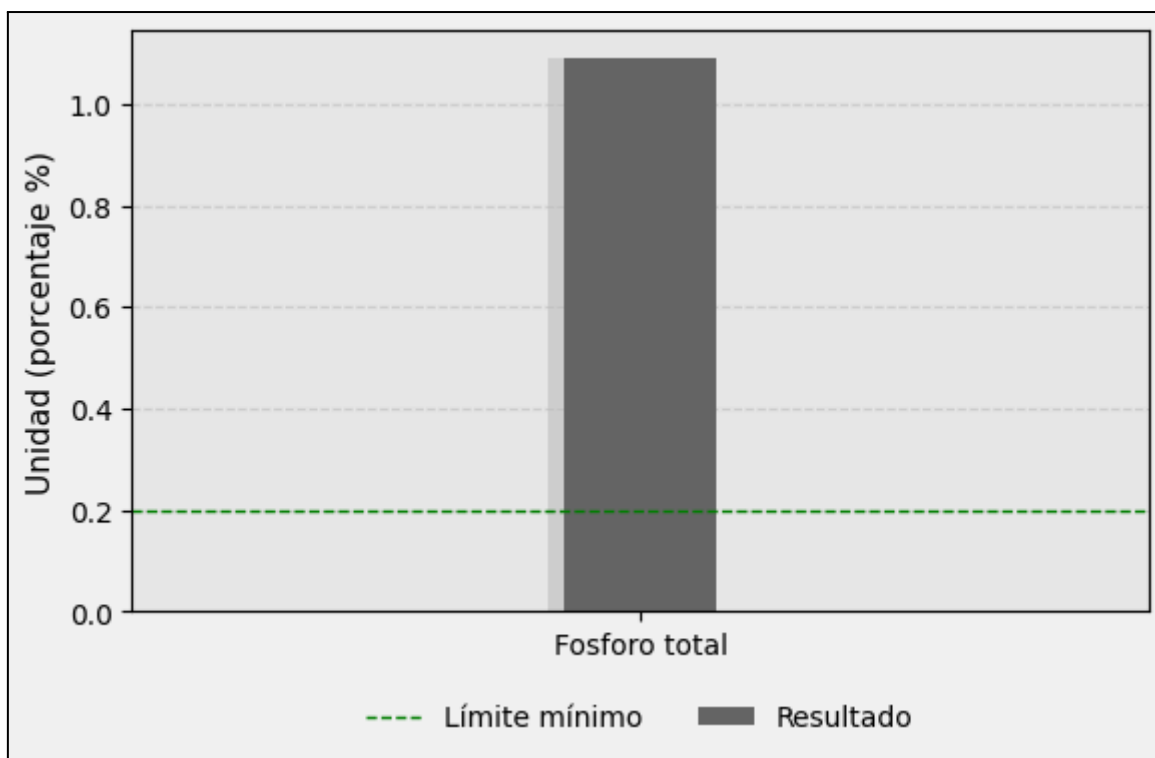
El compost cumple con los valores establecidos por la NTP 201.208:2021 en cuanto al parámetro de humedad, considerándose un producto estable y apto para su uso agrícola.



**Figura 07:** Comparación del Nitrógeno total con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 07, el valor de nitrógeno total obtenido en el compost fue de 1.28 %, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un valor mínimo de 0.5 % para este parámetro. El resultado supera ampliamente el valor mínimo exigido, lo que indica que el compost posee una adecuada concentración de nitrógeno, elemento esencial para el crecimiento vegetal, ya que interviene en la síntesis de proteínas, enzimas y clorofila. Un valor de 1.28 % refleja un compost maduro, con buen grado de descomposición y aporte nutritivo suficiente para los suelos agrícolas.

El compost cumple con los estándares establecidos por la NTP 201.208:2021 respecto al contenido de nitrógeno total, considerándose un abono de buena calidad y con adecuado valor nutritivo para su aplicación agrícola.



**Figura 08:** Comparación del fósforo total con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 08, el valor de fósforo total obtenido en el compost fue de 1.09 %, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un valor mínimo de 0.2 % para este parámetro. El valor encontrado supera considerablemente el mínimo establecido por la norma, evidenciando que el compost presenta una buena disponibilidad de fósforo, elemento esencial para el desarrollo radicular, la floración y la maduración de los frutos. Este nivel de fósforo sugiere un proceso de compostaje eficiente y una mezcla adecuada de materiales orgánicos que favorecieron la mineralización de nutrientes.

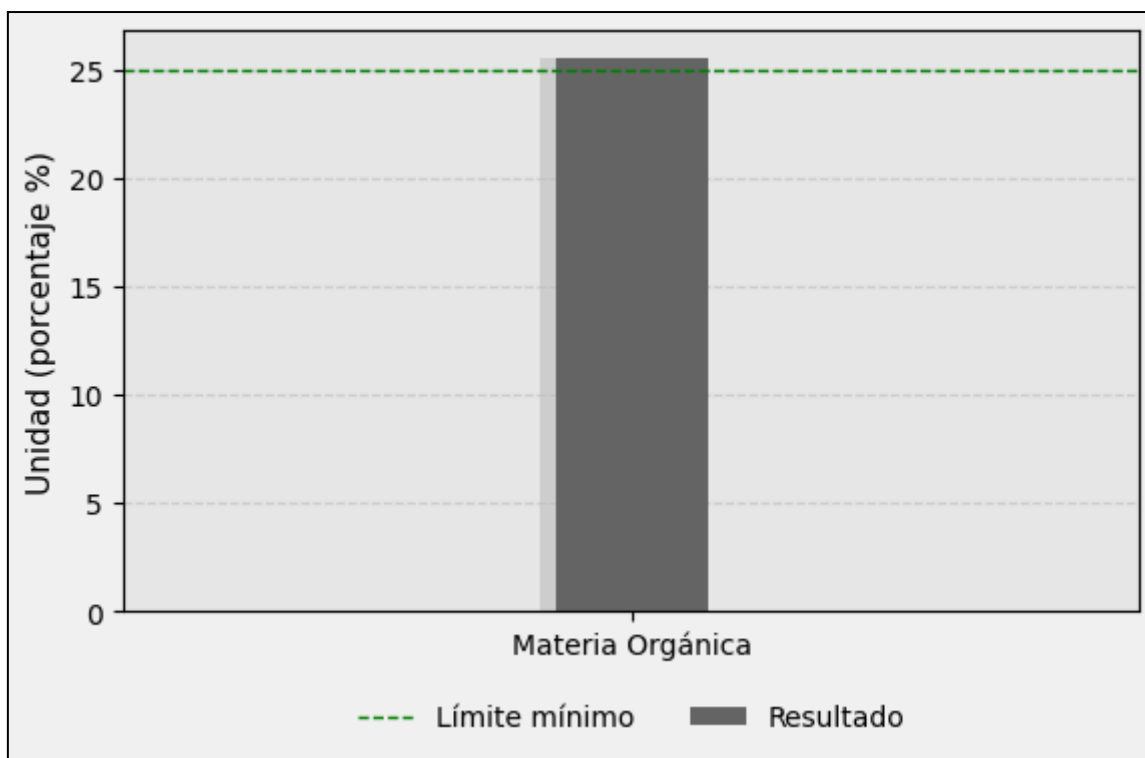
El compost **cumple** con los requisitos de la NTP 201.208:2021 en cuanto al contenido de fósforo total, por lo que se considera apto y beneficioso para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas.



**Figura 09:** Comparación del potasio total con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 09, el valor de potasio total obtenido en el compost fue de 1.50 %, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un valor mínimo de 0.2 % para este parámetro. El valor encontrado se ubica muy por encima del mínimo exigido por la norma, lo que indica que el compost presenta una excelente concentración de potasio, un nutriente clave para la floración, fructificación y el fortalecimiento de las plantas frente a condiciones de estrés. La adecuada proporción de materiales orgánicos y el proceso controlado de descomposición favorecieron la conservación y liberación de este elemento esencial.

El compost **cumple** con los estándares establecidos por la NTP 201.208:2021 en cuanto al contenido de potasio total, por lo que puede calificarse como un abono de buena calidad, apto para su uso en actividades agrícolas y de recuperación de suelos.



**Figura 10:** Comparación de la materia orgánica con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 10, el valor de materia orgánica obtenido en el compost fue de 25.57 %, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un valor mínimo de 25 % para este parámetro. El resultado obtenido se encuentra ligeramente por encima del límite mínimo establecido, lo que evidencia que el compost elaborado posee una cantidad adecuada de materia orgánica. Este componente es fundamental para mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua y favorecer la actividad microbiana. El cumplimiento de este valor refleja que el proceso de compostaje fue eficiente y permitió conservar una proporción significativa de materia orgánica útil para el suelo.

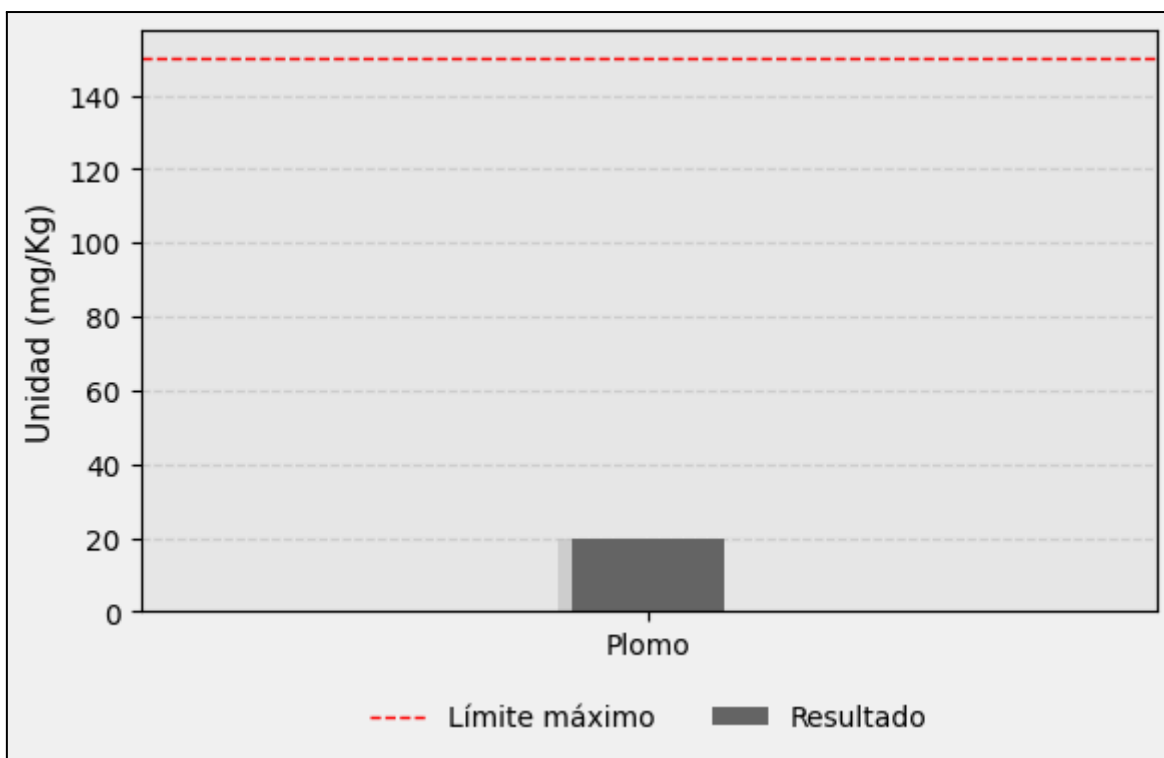
El compost **cumple** con los estándares de calidad exigidos por la NTP 201.208:2021 en cuanto al contenido de materia orgánica, clasificándose como un abono orgánico apto para mejorar la fertilidad y las propiedades fisicoquímicas del suelo.



**Figura 11:** Comparación de Relación de C/N con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 11, el valor obtenido para la relación carbono/nitrógeno (C/N) en el compost fue de 11.60, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 establece un valor máximo de 20 para este parámetro. El valor hallado indica que el compost alcanzó una relación C/N adecuada, lo cual demuestra una buena madurez y estabilidad del producto final. Una relación C/N inferior a 20 señala que el material orgánico ha completado su proceso de descomposición, con una reducción significativa de carbono y un contenido equilibrado de nitrógeno, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas y evita procesos de inmadurez o fermentación en el suelo.

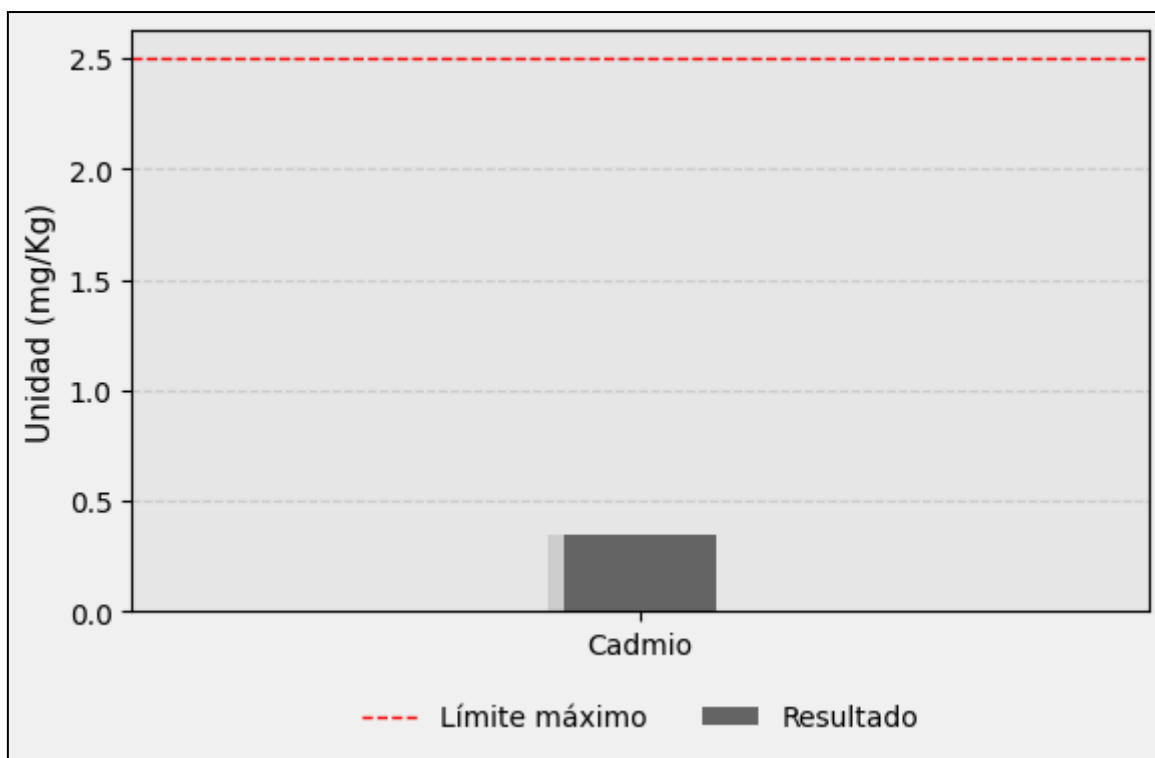
El compost **cumple** con los requisitos establecidos por la NTP 201.208:2021 respecto a la relación C/N, por lo que se considera un compost estable, maduro y apto para su uso agrícola o en áreas verdes.



**Figura 12:** Comparación de Plomo con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 12, el valor obtenido para el contenido de plomo (Pb) en el compost fue de <20 mg/kg, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 establece un límite máximo de 150 mg/kg para este metal pesado. El nivel de plomo determinado se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido, lo que demuestra que el compost elaborado no presenta contaminación significativa por este metal. Esto indica que los residuos orgánicos utilizados en el proceso de compostaje no provinieron de fuentes contaminadas, garantizando la inocuidad del producto final.

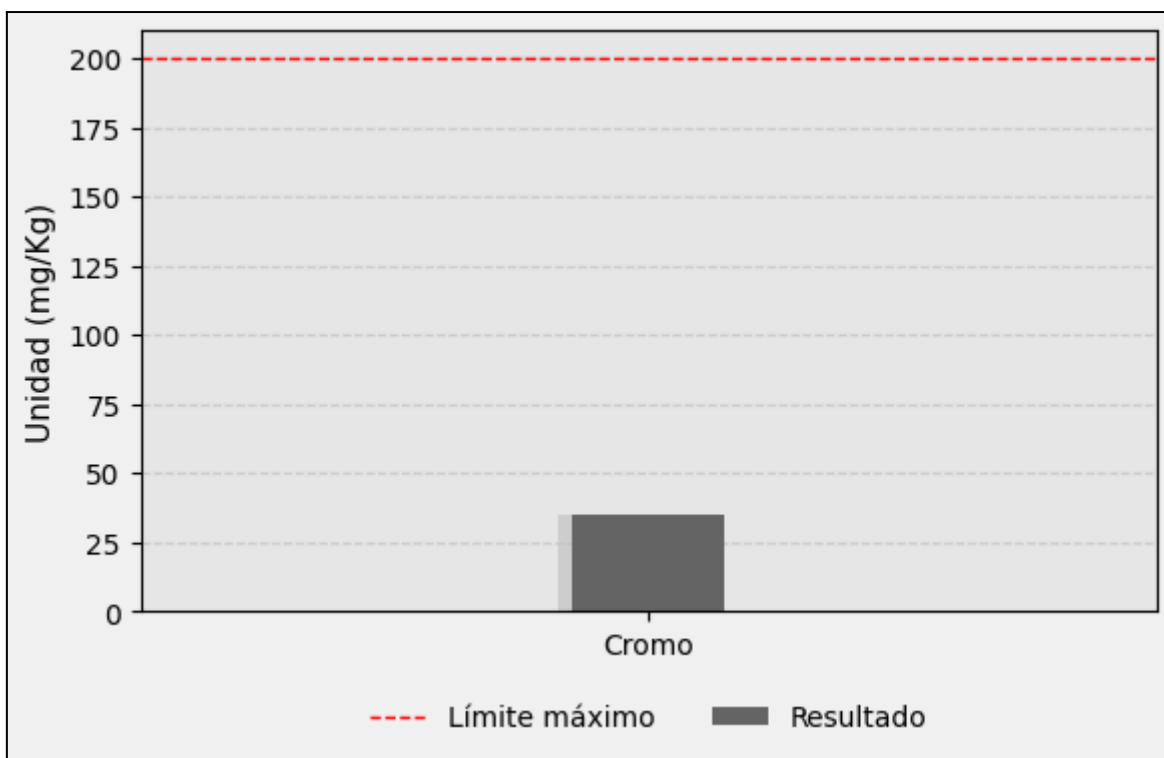
El compost **cumple** con los límites establecidos por la NTP 201.208:2021 respecto al contenido de plomo, considerándose seguro y apto para su aplicación agrícola o en espacios verdes, sin riesgo de toxicidad por este elemento.



**Figura 13:** Comparación de Cadmio con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 13, el valor obtenido para el cadmio (Cd) en el compost fue de 0.35 mg/kg, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 establece un límite máximo de 2.5 mg/kg para este metal pesado. El resultado evidencia que el contenido de cadmio en el compost se encuentra muy por debajo del valor máximo permitido por la norma, lo cual indica que el material orgánico utilizado en el proceso de compostaje no presentó contaminación por este elemento tóxico. Esto refleja una adecuada selección de los residuos y un proceso limpio y controlado.

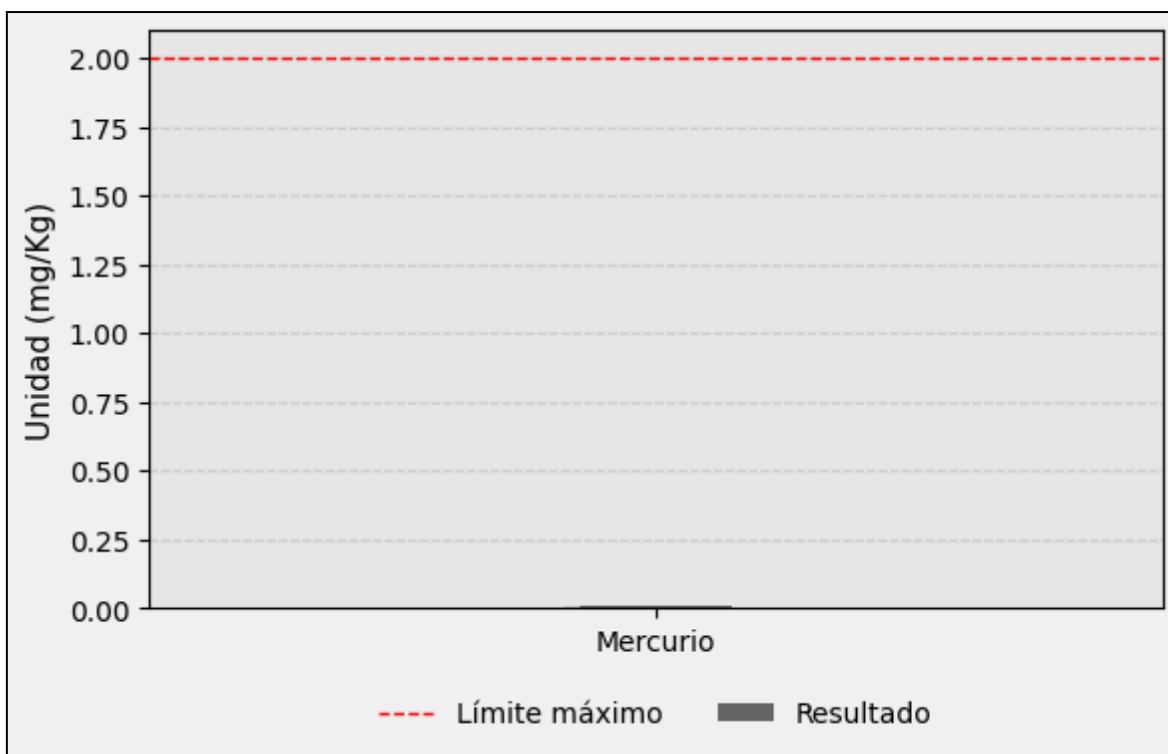
El compost cumple satisfactoriamente con los límites establecidos por la NTP 201.208:2021 respecto al contenido de cadmio, considerándose un producto seguro y libre de riesgos de contaminación por metales pesados.



**Figura 14:** Comparación de Cromo con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 14, El valor obtenido para el cromo (Cr) en el compost fue de 35 mg/kg, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos - Compost - Requisitos establece un límite máximo de 200 mg/kg para este metal pesado. El valor hallado se encuentra muy por debajo del límite permitido por la norma, lo cual demuestra que el compost no presenta contaminación significativa por cromo. Esto indica que los residuos orgánicos utilizados no provinieron de fuentes con compuestos metálicos y que el proceso de compostaje fue ambientalmente seguro.

El compost **cumple** plenamente con los valores establecidos por la NTP 201.208:2021 en cuanto al contenido de cromo, considerándose un producto seguro, libre de riesgos por metales pesados y apto para su uso agrícola o en jardinería.



**Figura 15:** Comparación de Mercurio con la NTP 201.208:2021.

Conforme a lo mostrado en la figura 15, El valor obtenido para el mercurio (Hg) en el compost fue de  $<0.001$  mg/kg, mientras que la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021 – Abonos orgánicos – Compost – Requisitos establece un límite máximo de 2 mg/kg para este metal pesado. El valor medido se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido, lo que evidencia que el compost no presenta contaminación por mercurio, uno de los metales más tóxicos para los organismos vivos. Esto refleja un manejo adecuado de los residuos orgánicos y la ausencia de fuentes contaminantes durante el proceso de compostaje.

El compost **cumple** con los límites establecidos por la NTP 201.208:2021 respecto al contenido de mercurio, por lo que se considera un producto inocuo, seguro para el ambiente y apto para su aplicación en suelos agrícolas o espacios verdes.

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al contrastar los resultados de la presente investigación con las de los antecedentes, se identifican diferencias atribuibles a las condiciones de materia prima, tipo de activador biológico, proporciones de mezcla y control del proceso de compostaje.

En el caso del estudio de Munizaga & Alcívar (2023), se reportó una reducción significativa del pH y de la conductividad eléctrica como resultado del uso de microorganismos eficientes (ME), mientras que en el presente trabajo el pH se mantuvo dentro de valores neutros y la conductividad eléctrica no presentó disminución notable. Esta diferencia podría deberse a que en el compost analizado no se emplearon concentraciones controladas de ME o el material de origen poseía una composición más estable, lo cual limitó las variaciones en dichos parámetros. Asimismo, los autores reportaron la ausencia de toxicidad, aunque observaron inhibición en la germinación de semillas, hecho que no se manifestó en los resultados actuales, lo cual refuerza la estabilidad y baja toxicidad del compost evaluado.

Por otra parte, Chávez & Tréboles (2023) demostraron que la reducción del tamaño de las partículas mejora la disponibilidad de nutrientes y la estructura del compost. En contraste, en este estudio, aún sin un control estricto del tamaño de las partículas, los niveles de nutrientes fueron adecuados, lo que sugiere que la calidad del compost no depende únicamente del tamaño de los residuos, sino también de la mezcla equilibrada de materiales y de las condiciones de aireación y humedad durante el proceso.

En el contexto nacional, Farseque & Núñez (2024) obtuvieron valores de fósforo, potasio y nitrógeno más bajos que los registrados en esta investigación, a pesar del uso de activadores biológicos como yogurt natural y chicha de jora. Esta diferencia sugiere que el compost evaluado en este estudio presenta una mayor capacidad de retención y transformación de nutrientes, posiblemente debido a una materia prima con mejor balance carbono/nitrógeno o a una descomposición más completa. Del mismo modo, Arellano & Colan (2023) hallaron un pH ligeramente alcalino (7,43) y un contenido de materia orgánica de 56,73%, valores semejantes a los de esta investigación, aunque con una relación C/N superior, lo que indica que su compost se encontraba aún en una fase de maduración intermedia.

Asimismo, los hallazgos de Amanqui (2021) mostraron que la optimización del proceso no siempre mejora la calidad del compost, coincidiendo con los resultados del presente estudio, donde se logró un compost de buena calidad sin la necesidad de aplicar técnicas avanzadas de control. Esto refuerza la idea de que la calidad del compost depende más del cumplimiento de las condiciones básicas (aireación, humedad y relación C/N) que del uso de tecnologías sofisticadas.

En el ámbito local, los estudios de Cruz (2024) y Mullisaca et al. (2023) evidenciaron compost con alta materia orgánica (53,24%) y tiempos de maduración reducidos gracias al uso de inóculos biológicos. En el caso actual, el compost obtuvo valores similares de materia orgánica, pero sin el uso de inoculantes, lo cual representa una diferencia relevante, pues demuestra que es posible alcanzar parámetros óptimos mediante un proceso natural bien controlado, aunque en un periodo de tiempo potencialmente mayor. Finalmente, en cuanto a los metales pesados, los valores de cadmio (0.35 mg/kg), cromo (35 mg/kg) y mercurio (<0.001 mg/kg) se encontraron muy por debajo de los límites establecidos por la NTP 201.208:2021, confirmando la inocuidad del compost producido. Estos resultados difieren parcialmente de los hallazgos de Butrón (2023), quien reportó que ninguno de sus tratamientos cumplió totalmente con la norma. La diferencia puede atribuirse a la selección de materias primas más limpias y al control de fuentes contaminantes durante el proceso en la presente investigación, lo que permitió obtener un producto final libre de riesgo ambiental.

## **4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS**

### **4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL**

Planteamos la siguiente hipótesis:

**Ho:** El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno no es de calidad.

**Ha:** El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno es de calidad.

Según los resultados presentados en la Tabla 05 y las Figuras 05 a la 15, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, excepto el pH, cuyo valor de 9.33 supera el rango permitido (6.5 - 8.5). Aunque los valores de humedad (40%), nitrógeno (1.28%), fósforo (1.09%), potasio (1.50%) y materia orgánica (25.57%) cumplen con los estándares, la desviación del pH indica una ligera alcalinidad que afecta la clasificación final del compost. De acuerdo con la norma, el incumplimiento de uno o más parámetros implica que el producto no puede considerarse compost de calidad normativa.

Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula (Ho)** y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), concluyendo que el compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno **no cumple completamente** con los estándares de calidad establecidos por la NTP 201.208:2021.

#### **4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

Planteamos la siguiente hipótesis:

**Ho:** No es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos de los restaurantes de la ciudad de Puno.

**Ha:** Es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos de los restaurantes de la ciudad de Puno.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 03, los residuos orgánicos provenientes del restaurante como restos de verduras, frutas, posos de café y pan representaron un total de 25 kg, lo que demuestra una cantidad suficiente y adecuada para el proceso de compostaje. Asimismo, según la Tabla 04, del total de 100 kg de material inicial (incluyendo estiércol y aserrín), se obtuvo 45 kg de compost final, equivalente a un rendimiento del 45%, lo cual confirma la eficiencia del proceso de descomposición y maduración descrito en la metodología.

El proceso desarrollado, desde la recolección, selección, picado, mezclado, descomposición y tamizado, evidenció que los residuos orgánicos de los restaurantes son totalmente aptos para transformarse en compost estable y utilizable como abono natural. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se **acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ )**, concluyendo que sí es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno.

#### 4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos la siguiente hipótesis:

**$H_0$ :** Los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado no se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para compost de buena calidad.

**$H_a$ :** Los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para compost de buena calidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 05 y las Figuras 05 a 15, se observó lo siguiente:

- pH: 9.33 (Figura 05), supera el rango establecido por la NTP 201.208:2021 (6.5 - 8.5), por lo que no cumple.
- Humedad: 40% (Figura 06), dentro del rango máximo de 50%, cumple.
- Nitrógeno total: 1.28% (Figura 07), mayor al mínimo de 0.5%, cumple.
- Fósforo total: 1.09% (Figura 08), mayor al mínimo de 0.2%, cumple.
- Potasio total: 1.50% (Figura 09), mayor al mínimo de 0.2%, cumple.
- Materia orgánica: 25.57% (Figura 10), cumple con el mínimo de 25%.
- Relación C/N: 11.60 (Figura 11), dentro del máximo de 20, cumple.
- Metales pesados: Pb <20 mg/kg, Cd 0.35 mg/kg, Cr 35 mg/kg, Hg <0.001 mg/kg (Figuras 12 a 15), todos dentro de los límites máximos establecidos, cumplen.

Si bien la mayoría de los parámetros cumplen con la norma, el pH elevado (9.33) indica una ligera alcalinidad que excede el rango aceptable, lo cual impide que el compost cumpla completamente con los estándares de calidad establecidos.

Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula (Ho)** y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), concluyendo que los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost presentan desviaciones que impiden considerarlo completamente dentro de los rangos aceptables de calidad según la NTP 201.208:2021.

#### **4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

Planteamos la siguiente hipótesis:

**Ho:** Los resultados del compost elaborado no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021.

**Ha:** Los resultados del compost elaborado cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 05 y las Figuras 05 a 15, se observó lo siguiente:

La mayoría de los parámetros fisicoquímicos del compost, como humedad (40%), nitrógeno total (1.28%), fósforo total (1.09%), potasio total (1.50%), materia orgánica (25.57%), relación C/N (11.60) y metales pesados (Pb <20 mg/kg, Cd 0.35 mg/kg, Cr 35 mg/kg, Hg <0.001 mg/kg) cumplen con los límites establecidos por la NTP 201.208:2021.

Sin embargo, el pH del compost fue de 9.33 (Figura 05), valor que excede el rango permitido de 6.5 a 8.5, lo que indica una ligera alcalinidad fuera del estándar. Debido a que un solo parámetro crítico no cumple con la norma, los resultados del compost no alcanzan completamente los estándares de calidad establecidos.

Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula (Ho)** y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), concluyendo que el compost elaborado no cumple en su totalidad con los estándares de calidad de la NTP 201.208:2021.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes pertenecientes al Snack Quinta Amanecer de la ciudad de Puno presentó características mayormente adecuadas, aunque algunos parámetros críticos, como el pH, se encontraron fuera del rango establecido por la NTP 201.208:2021, lo que limita su cumplimiento total con la norma.

**SEGUNDA:** Fue posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes seleccionados, siguiendo el proceso de recolección, selección, picado, mezclado, descomposición, tamizado y empacado. El material inicial de 25 kg de residuos permitió obtener aproximadamente 11.25 kg de compost final, evidenciando la viabilidad del proceso de compostaje en el contexto local.

**TERCERA:** Los parámetros fisicoquímicos evaluados mostraron valores adecuados para la mayoría de los indicadores: humedad 40%, nitrógeno total 1.28%, fósforo 1.09%, potasio 1.50%, materia orgánica 25.57%, relación C/N 11.60, y metales pesados dentro de los límites seguros (Pb <20 mg/kg, Cd 0.35 mg/kg, Cr 35 mg/kg, Hg <0.001 mg/kg). Sin embargo, el pH de 9.33 se encontró fuera del rango óptimo (6.5 – 8.5), indicando un compost ligeramente alcalino.

**CUARTA:** El compost elaborado cumple con la mayoría de los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021, pero no cumple completamente debido al exceso de pH, lo que limita su clasificación como compost totalmente conforme a la norma.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** Se recomienda a los administradores de los restaurantes monitorear y ajustar el proceso de compostaje para controlar el pH del compost final, asegurando que se encuentre dentro del rango establecido por la NTP 201.208:2021 (6.5 – 8.5), con el fin de mejorar la calidad del abono producido.

**SEGUNDA.** Se recomienda a los encargados de la gestión de residuos mantener la recolección, selección, picado, mezclado y volteo periódico del compost, dado que estas prácticas permiten producir compost de manera eficiente a partir de los residuos orgánicos generados diariamente en los restaurantes.

**TERCERA.** Se recomienda a los responsables de laboratorio y control de calidad realizar análisis periódicos de los parámetros fisicoquímicos del compost, especialmente del pH, para garantizar que los nutrientes (N, P, K) y la materia orgánica se mantengan en valores óptimos y seguros para su uso en suelos y huertos.

**CUARTA.** Se recomienda a los propietarios y personal de los restaurantes implementar mejoras en la proporción de insumos y en la maduración del compost para cumplir totalmente con los estándares de la NTP 201.208:2021, asegurando la producción de un compost seguro y de alta calidad, apto para fines agrícolas o jardinería.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, R. I., & Flayeh, H. M. (2024). Aerobic Composting of Organic Waste, Alternative and an Efficient Solid Waste Management Solution. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 21(4), 101-111. <https://doi.org/10.3233/AJW240051>
- Amanqui, J. G. (2021). Optimización del proceso de compostaje de los residuos orgánicos provenientes de las áreas verdes del distrito de Tiabaya [Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91715>
- Arellano, E., & Colan, N. (2023). Evaluación del compost obtenido a partir de residuos orgánicos urbanos en el distrito de Breña, 2022 [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/37259?show=full>
- Banco Mundial. (2019). Convivir con basura: El futuro que no queremos. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Butrón, M. A. (2023). Evaluación de la calidad del compost en base a los residuos orgánicos y estiércol en la comunidad de Apacheta – Ilave 2022. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/650>
- CCPP. (2025). Cámara de Comercio de Puno. Cámara de Comercio y la Producción de Puno. <https://www.camarapuno.org/>
- Chávez, J. M., & Tréboles, K. J. (2023). Evaluación de la eficiencia del proceso de compostaje a partir de diferentes tamaños de residuos orgánicos, como alternativa de manejo de desechos de la actividad florícola, Cayambe, 2022 [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24312>
- Cruz, Y. H. H. (2024). Evaluación del compostaje a diferentes composiciones para aprovechar los residuos orgánicos domiciliarios de la ciudad de Puno para contribuir en contrarrestar el cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(1), Article 1. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.577>
- Delgado Arroyo, M. del M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L.,

- Martín Sánchez, J. V., Delgado Arroyo, M. del M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., & Martín Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del Proceso de Compostaje de Residuos Avícolas empleando diferentes mezclas de Sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 965-977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor (Experiencias en América Latina)*. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/339921/&ved=2ahUKEwio1vHRgpiOAxVEFLkGHVeDMegQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw0or8Gs1\\_fomER3hMyrsjHX](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/339921/&ved=2ahUKEwio1vHRgpiOAxVEFLkGHVeDMegQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw0or8Gs1_fomER3hMyrsjHX)
- Farseque, J. Y., & Núñez, E. U. (2024). Evaluación del proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales, aplicando activadores biológicos, Jaén. Universidad Nacional de Jaén||Repositorio Institucional - UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/672>
- García Dávila, J., Santacruz Juárez, E., Sánchez Minutti, L., Ortega Sánchez, E., & Tellez Girón, J. D. (2024). Evaluación de propiedades fisicoquímicas de composta como producto de un dispositivo inteligente de degradación biológica. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28). <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1910>
- García Severí, J. (2022). Fases del proceso de compostaje industrial. AIMPLAS. <https://www.aimplas.es/blog/compostabilidad-industrial-fases-del-proceso-de-compostaje/>
- González-Jiménez, Y., & Villalobos-Morales, J. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite. *Revista Tecnología en Marcha*, Pág. 11-22. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>
- Iglesias Jiménez, E. (2014). Métodos y parámetros para evaluar la madurez del compost. <https://digital.csic.es/handle/10261/92881>
- Leiva Cabrera, L. N., & Tapia Martínez, C. R. (2020). Características fisicoquímicas del

- compost de calidad agrícola, producido a partir de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y/o de cuy, Bagua, Amazonas, 2018. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2073>
- López, A. (2015). Ciudades llenas de basura: Tres ideas para superar la resaca del “Día de la Tierra”. Ciudades Sostenibles. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/ciudades-llenas-de-basura-tres-ideas-para-superar-la-resaca-del-dia-de-la-tierra/>
- López Bravo, E., Andrade Rivera, A. J., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. Centro Agrícola, 44(3), 49-55. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0253-57852017000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852017000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- MINAM. (2009). Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú (Sistema Nacional de Información Ambiental). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-anual-residuos-solidos-municipales-no-municipales-peru>
- MINAM. (2018). Informe de la situación actual de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales. [https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=INFORME+DE+LA+SITUACION+ACTUAL+DE+LA+GESTION+DE+RESIDUOS+SOLIDOS+MUNICIPALES&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwivpNbuo\\_L-AhWZBrkGHagSCioQkeECKAB6BAgHEAE](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=INFORME+DE+LA+SITUACION+ACTUAL+DE+LA+GESTION+DE+RESIDUOS+SOLIDOS+MUNICIPALES&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwivpNbuo_L-AhWZBrkGHagSCioQkeECKAB6BAgHEAE)
- MINAM. (2022). Estudios de caracterización Municipalidades 2019 y SIGERSOL 2022.
- MINAM. (2024). Más de 148 500 toneladas de residuos sólidos municipales son valorizados en el país. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/955458-mas-de-148-500-toneladas->

de-residuos-solidos-municipales-son-valorizados-en-el-pais

Mullisaca, E., Fernández, B., García, C., Taquire, A., & Soncco, W. (2023). Evaluación del tiempo y calidad del compost obtenido a partir de una mezcla de residuos sólidos orgánicos con o sin adición de *Saccharomyces Cerevisiae* [Universidad Nacional de Juliaca]. <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/245>

Municipalidad Provincial Puno. (2017). Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Puno 2012—2022.

[http://www.munipuno.gob.pe/Propuestas\\_GDU/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20PUNO%20-%202012-2022.pdf](http://www.munipuno.gob.pe/Propuestas_GDU/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20PUNO%20-%202012-2022.pdf)

Munizaga, D., & Alcívar, U. (2023). Producción de Compost a Partir de Desechos Sólidos Orgánicos Domésticos Mediante el Uso de Microorganismos Eficientes. *MQRInvestigar*, 7(2), 3-21. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.3-21>

ODS. (2022). Compost: 4 Fases para su Desarrollo – Organización para el Desarrollo Sustentable. <https://ods.com.ar/compost-4-fases-para-su-desarrollo/>

ONU. (2021, marzo 26). La economía circular: Un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>

Oviedo-Ocaña, E. R., Marmolejo-Rebellon, L. F., Torres-Lozada, P., Oviedo-Ocaña, E. R., Marmolejo-Rebellon, L. F., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. *Lecciones desde Colombia. Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 31-42. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Quispe Limaylla, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 83-95.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-09342015000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342015000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Sarmiento, J. G. (2020). Residuos orgánicos de cocina generados en restaurantes con microorganismos eficientes, para la obtención de compost, Arequipa 202. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59177>
- Soria, L. M. (2018). Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en Municipalidades Distritales. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6242>
- Suca, Q. (2014). Manejo de residuos sólidos urbanos de las localidades de Taraco y Huancane—Puno. Universidad Nacional del Altiplano. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3219032>
- Tarrillo Julca, E. (2020). Caracterización físico-química de dos formas de compostaje generados a partir de residuos de la industria palmitera APROPAL – distrito de Caynarachi, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/3147>
- Valenzuela, J. L., & Velezmoro, A. A. (2020). Técnicas de compostaje en la obtención de compost orgánico de residuos agroindustriales azucareros. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66980>
- Villalba, L., Paolini, J., & Rocha, C. (2021). Algunos parámetros biológicos en la evaluación de la estabilidad y la madurez de dos compost / Some biological parameters in the evaluation of the stability and maturity of two compost / Alguns parâmetros biológicos na avaliação da estabilidade e maturidade de dois compostos. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 38(1), Article 1. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/34725>

## ANEXOS

**Anexo 01.** Matriz de Consistencia de la investigación.

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS LOS RESTAURANTES DE LA CIUDAD DE PUNO, 2025**

Problema	Objetivo	Hipótesis		Variable dependiente (x)	Indicadores	Metodología
		General	Específicas			
<p><b>General</b></p> <p>¿Cuál es la calidad del compost a partir de los residuos orgánicos de los restaurantes de la ciudad de Puno, 2025?</p>	<p><b>General</b></p> <p>El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, es de calidad.</p>	<p><b>General</b></p> <p>El compost elaborado a partir de los residuos orgánicos generados en los restaurantes de la ciudad de Puno, es de calidad.</p>	<p><b>General</b></p> <p>Compost en base a los residuos orgánicos.</p>	<p>Valores de parámetros fisicoquímicos y metales pesados</p>	<p><b>Tipo</b> Descriptivo</p> <p><b>Diseño</b> No experimental.</p> <p><b>Población</b> 134 Restaurantes.</p>	
<p><b>Específicos</b></p> <p>¿Cómo elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en el snack Quinta Amanecer?</p> <p>¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado con los residuos orgánicos?</p> <p>¿Cómo es la comparación de los resultados del compost elaborado con los estándares de calidad establecidos por la NTP 201.208:2021?</p>	<p><b>Específicos</b></p> <p>Es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos del Snack Quinta Amanecer.</p> <p>Los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para compost de buena calidad.</p> <p>Los resultados del compost elaborado cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021.</p>	<p><b>Específicas</b></p> <p>Es posible elaborar compost a partir de los residuos orgánicos del Snack Quinta Amanecer.</p> <p>Los valores de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del compost elaborado se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para compost de buena calidad.</p> <p>Los resultados del compost elaborado cumplen con los estándares de calidad establecidos por la norma técnica peruana NTP 201.208:2021.</p>	<p><b>Variable dependiente (Y)</b></p> <p>Calidad del compost</p>	<p>NTP 201.208:2021.</p>	<p><b>Muestra</b> 02 Restaurantes</p> <p><b>Muestreo</b> No probabilístico y por conveniencia.</p> <p><b>Unidad Experimental</b> 01 Compostera</p>	

**Anexo 02.** NTP 201.208:2021

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor de referencia según NTP 201.208:2021</b>
pH	-	6.0 – 8.5
Humedad	%	≤ 50
Relación C/N	-	≤ 20
Materia orgánica	%	≥ 25
Nitrógeno total (N)	%	≥ 0.5
Fósforo disponible (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	≥ 0.2
Potasio disponible (K <sub>2</sub> O)	%	≥ 0.2
Metales pesados	mg/kg	Plomo 150.0 mg/kg Cadmio 2.5 mg/kg Cromo 200.0 mg/kg Mercurio 2.0 mg/kg
Coliformes fecales (opcional)	NMP/g	≤ 1000 NMP/g

**Anexo 03: Resultados de análisis de laboratorio.**



**MQA LABS**  
MEGALABORATORIOS QUÍMICOS  
DE LOS ANDES S.A.C

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C  
ANÁLISIS DE AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741.

---

**INFORME DE ENSAYO 0156/MQA**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS**

---

ASUNTO	: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE COMPOST.
PROCEDENCIA	: PUNO - PUNO.
INTERESADO	: YONHY CAHUAPAZA COTACALLAPA. (80143198).
MOTIVO	: Análisis Físico – Químico.
FECHA DE MUESTREO	: 17/08/2025. (Por el Interesado).
FECHA DE ANALISIS	: 18/08/2025.

---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:**

DETERMINACIONES	UNIDAD	M - 01	METODOLOGIA
pH	---	9.33	Potenciómetro
C.E.	mS/cm.	6.51	Conductímetro
Humedad	%	40	Estufa
Nitrógeno Total (% de N)	%	1.28	Método Kjeldahl
Fósforo Total (% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	1.09	Digestión ácida
Potasio Total (Como % K <sub>2</sub> O)	%	1.50	Digestión con ácido nítrico
Materia Orgánica ( M.O.)	%	25.57	Método de Walkley & Black
Carbono Orgánico ( C.O.)	%	14.83	por oxidación húmeda
Relación C/N	-	11.6	C.O. / N total
Plomo (Pb)	mg/Kg bs	< 20.0	Digestión ácida (EPA 3050B/3051A) + ICP-OES/AAS
Cadmio (Cd)	mg/Kg bs	0.35	Digestión ácida (EPA 3050B/3051A) + ICP-OES/AAS
Cromo (Cr)	mg/Kg bs	35.0	Digestión ácida (EPA 3050B/3051A) + ICP-OES/AAS
Mercurio (Hg)	mg/Kg bs	<0.001	Digestión ácida (EPA 3052) + detección por Vapor frío (CV-AAS o AFS)

➤ La muestra se recibió en el laboratorio.




Berito-Fernandez Calloapaza  
RUC: 20612800741  
GERENTE




Salomón Justo Morales Yucra  
INGENIERO QUÍMICO  
ANALISTA DE LABORATORIO

---

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno  
Cel. 973296546 – 983003185

**Anexo 04:** Galería fotográfica.



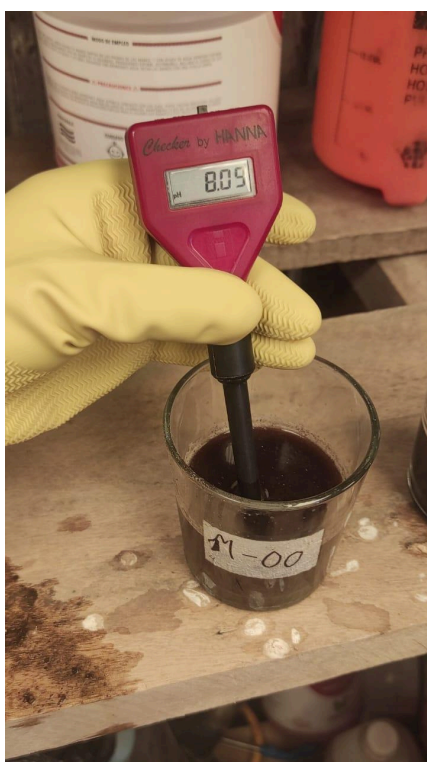
**Figura 16:** Mezcla de los residuos orgánicos con el estiércol y el aserrín.



**Figura 17:** Medición de la temperatura en la compostera.



**Figura 18:** Preparación de químicos a ser agregados en la compostera.



**Figura 19:** Medición del pH en de la compostera.



**Figura 20:** Control de la temperatura de la compostera.



**Figura 21:** Control del pH de compost final.



**Figura 22.** Compost final obtenido.