

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO

CERRO COLORADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ

(EISENIA FOETIDA) EN JULIACA, 2025

PRESENTADA POR:

JOHAN YOBANNI GONZALES IDME

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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



12.06%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 24 FEB 2026, 4:51 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
4.44%

● CHANGED TEXT
7.61%

Report #31643237

JOHAN YOBANNI GONZALES IDME // APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CERRO COLORADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ (EISENIA FOETIDA) EN JULIACA, 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el aprovechamiento ambiental de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado para la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en Juliaca - 2025. La muestra estuvo conformada por 110 kg de residuos sólidos orgánicos, recolectados durante siete días consecutivos (M1 a M7), los cuales fueron sometidos al proceso de vermicompostaje en unidades de producción bajo condiciones reales de manejo de residuos de mercado. Los resultados evidencian que los residuos sólidos orgánicos presentan una composición mayoritariamente vegetal, constituida principalmente por frutas (60.24 %) y verduras (26.56 %), así como una humedad inicial comprendida entre 66 % y 74 %, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo del proceso de vermicompostaje. Asimismo, la lombriz *Eisenia foetida* permitió obtener un rendimiento de producción de humus del 31.00 %, a partir de 110 kg de residuos sólidos orgánicos frescos, produciendo 34.1 kg de humus seco, rendimiento que se clasifica como medio y evidencia una adecuada transformación de la materia orgánica. El humus obtenido presentó características físico-químicas favorables para su uso como abono orgánico, cumpliendo con los valores de la Norma

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO
CERRO COLORADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ
(EISENIA FOETIDA) EN JULIACA, 2025**

PRESENTADA POR:

JOHAN YOBANNI GONZALES IDME

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dra. MARLENE CUSIMONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:



Dra. CELIA VERENISSEE ORTIZ DE ORUE ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 04 de marzo del 2026.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y motivación en cada paso de mi formación académica.

A mis docentes y compañeros, quienes con sus enseñanzas y consejos fortalecieron mis conocimientos y habilidades.

Y, de manera especial, a todos aquellos que trabajan por un ambiente más sostenible, inspirándome a investigar soluciones que contribuyan al cuidado de nuestro planeta.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional de calidad y por ser la institución que ha impulsado mi desarrollo académico y personal, permitiéndome aportar al crecimiento de mi región.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser un espacio de aprendizaje, crecimiento y motivación constante, donde pude fortalecer mis competencias y compromiso con el cuidado del medio ambiente.

A los miembros del jurado calificador, Mg. Katia Elizabeth Andrade Linares, Dra. Marlene Cusi Montesinos y M.Sc. Korina Asqui Gomez, por su tiempo, orientación y valiosa contribución a la evaluación de este trabajo, enriqueciendo esta investigación con su experiencia y conocimientos.

A mi asesor, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su guía experta, apoyo constante y paciencia durante todo el proceso de investigación, siendo un pilar fundamental para la culminación de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que de alguna manera hicieron posible la realización de esta investigación, brindándome apoyo, motivación y confianza para alcanzar este logro académico.

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

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. COMPOSTAJE DE MATERIA ORGÁNICA	22

2.1.2 CARACTERÍSTICA DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA	23
2.1.3. HUMUS DE LOMBRIZ	27
2.1.4. CICLO DE VIDA Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	31
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	32
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	32
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	35
3.2.1. POBLACIÓN.	35
3.2.2. MUESTRA.	35
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	36
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	36
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	36
3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	37
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	43
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CERRO COLORADO SEGÚN SU COMPOSICIÓN PORCENTUAL, HUMEDAD INICIAL Y PESO.	44
4.2. RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EISENIA	

FOETIDA A PARTIR DE DICHOS RESIDUOS.	46
4.3. CALIDAD DEL HUMUS OBTENIDO EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU POTENCIAL USO COMO ABONO ORGÁNICO.	48
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	52
4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL	52
4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	53
4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	54
4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Identificación de las variables.	42
Tabla 02: Producción de humus a partir de los residuos frescos.	46
Tabla 03: Calidad del humus obtenido, como abono orgánico.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Lombriz Eisenia ofetida.	24
Figura 02: Anatomía interna de la lombriz.	26
Figura 03: Humus de lombriz.	28
Figura 04: Ubicación del mercado Cerro Colorado en la ciudad de Juliaca.	34
Figura 05: Flujograma del proceso de elaboración de humus.	40
Figura 06: Caracterización de los residuos sólidos orgánicos, por su composición.	44
Figura 07: Caracterización de los residuos sólidos orgánicos, por su humedad inicial.	45
Figura 08: Vista panorámica del Mercado “Cerro Colorado” de la ciudad de Juliaca.	69
Figura 09: Solicitando permiso a los socios del mercado para la recolección de residuos orgánicos.	69
Figura 10: Clasificación de los residuos orgánicos para su caracterización.	70
Figura 11: Triturado y homogeneización de los residuos orgánicos.	70
Figura 12: Preparando los materiales para su mezcla proporcional.	71
Figura 13: Depositando las lombrices en una unidad lombricera.	71
Figura 14: En reposo inicial del pre-compostaje	72
Figura 15: Humus estabilizado obtenido.	72

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CERRO COLORADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ (EISENIA FOETIDA) EN JULIACA, 2025	64
Anexo 02: Datos de la caracterización de los residuos sólidos orgánicos.	66
Anexo 03: Análisis de Laboratorio.	67
Anexo 04: NTP 201.208:2021	68
Anexo 05: Galería fotográfica.	69

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el aprovechamiento ambiental de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado para la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en Juliaca - 2025. La muestra estuvo conformada por 110 kg de residuos sólidos orgánicos, recolectados durante siete días consecutivos (M1 a M7), los cuales fueron sometidos al proceso de vermicompostaje en unidades de producción bajo condiciones reales de manejo de residuos de mercado. Los resultados evidencian que los residuos sólidos orgánicos presentan una composición mayoritariamente vegetal, constituida principalmente por frutas (60.24 %) y verduras (26.56 %), así como una humedad inicial comprendida entre 66 % y 74 %, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo del proceso de vermicompostaje. Asimismo, la lombriz *Eisenia foetida* permitió obtener un rendimiento de producción de humus del 31.00 %, a partir de 110 kg de residuos sólidos orgánicos frescos, produciendo 34.1 kg de humus seco, rendimiento que se clasifica como medio y evidencia una adecuada transformación de la materia orgánica. El humus obtenido presentó características físico-químicas favorables para su uso como abono orgánico, cumpliendo con los valores de la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, destacando su alto contenido de materia orgánica y nitrógeno total, un pH adecuado y niveles apropiados de nutrientes esenciales. Se concluye que el aprovechamiento ambiental de los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado es viable, ya que permitió la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*), contribuyendo a la reducción del volumen de residuos orgánicos y a la obtención de un abono orgánico con valor agronómico, lo que demuestra su aplicabilidad como alternativa de gestión ambiental sostenible.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, Humus de lombriz, Residuos sólidos orgánicos, Vermicompostaje.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the environmental utilization of organic solid waste from the Cerro Colorado Market for the production of vermicompost (*Eisenia foetida*) in Juliaca, Peru, in 2025. The sample consisted of 110 kg of organic solid waste, collected over seven consecutive days (M1 to M7), which was subjected to the vermicomposting process in production units under real market waste management conditions. The results show that the organic solid waste has a predominantly plant-based composition, consisting mainly of fruits (60.24%) and vegetables (26.56%), with an initial moisture content between 66% and 74%, values that fall within the optimal range for the vermicomposting process. Furthermore, the earthworm *Eisenia foetida* yielded a humus production rate of 31.00% from 110 kg of fresh organic solid waste, producing 34.1 kg of dry humus. This yield is classified as medium and demonstrates adequate transformation of the organic matter. The resulting humus exhibited favorable physicochemical characteristics for use as organic fertilizer, meeting the values of the Peruvian Technical Standard NTP 201.208:2021. Its high organic matter and total nitrogen content, suitable pH, and appropriate levels of essential nutrients were particularly noteworthy. It is concluded that the environmentally sound use of organic solid waste generated at the Cerro Colorado Market is viable, as it enabled the production of earthworm humus (*Eisenia foetida*), contributing to the reduction of organic waste volume and the production of an organic fertilizer with agronomic value. This demonstrates its applicability as a sustainable environmental management alternative.

Keywords: *Eisenia foetida*, Worm castings, Organic solid waste, Vermicomposting

INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de los residuos sólidos orgánicos constituye uno de los principales problemas ambientales y sanitarios en las ciudades, especialmente en aquellas donde los mercados de abasto generan grandes volúmenes de desechos diariamente. En este contexto, el presente estudio aborda la producción de humus de lombriz mediante el uso de la especie *Eisenia foetida* a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado, como una alternativa tecnológica viable, de bajo costo y fácil implementación. Esta propuesta presenta un alto potencial de replicabilidad en otros mercados de la ciudad de Juliaca y en diferentes localidades de la región Puno, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de los residuos orgánicos.

A través del desarrollo de la investigación, se obtendrán parámetros técnicos específicos relacionados con el rendimiento y la calidad del humus producido, los cuales servirán como referencia para futuros proyectos vinculados a la gestión de residuos sólidos y la producción de abonos orgánicos. Asimismo, el estudio permitirá demostrar que los residuos sólidos orgánicos, lejos de constituir desechos sin valor, pueden ser transformados en insumos agrícolas de utilidad directa para los productores locales, fortaleciendo así prácticas productivas más sostenibles.

La relevancia social de la investigación radica en su contribución a la mejora de la calidad de vida de la población de Juliaca, al proponer una alternativa que permita reducir la acumulación de residuos en mercados y espacios públicos. Esta reducción incide directamente en la mitigación de problemas asociados, como la proliferación de vectores, los malos olores y la contaminación ambiental que afectan a los vecinos. De igual manera, el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante la lombricultura puede generar oportunidades de empleo y emprendimiento, especialmente para familias de bajos recursos, asociaciones de recicladores y pequeños productores, promoviendo el desarrollo económico local y la inclusión social.

Desde el punto de vista ambiental, la investigación resulta altamente significativa, ya que plantea una alternativa sostenible para la gestión de los residuos sólidos orgánicos,

disminuyendo su disposición final en botaderos o rellenos sanitarios que generan gases de efecto invernadero y lixiviados contaminantes. La lombricultura, al transformar la materia orgánica en humus de lombriz, contribuye al cierre del ciclo de los nutrientes, devolviéndolo al suelo en forma de un biofertilizante de alta calidad. Este proceso fomenta una agricultura más sostenible, al reducir la dependencia de fertilizantes químicos que deterioran la estructura y fertilidad del suelo, y contribuye a la conservación de los recursos naturales, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el consumo responsable, la salud ambiental y la acción frente al cambio climático.

El desarrollo del presente documento se estructura en cuatro capítulos. En el Capítulo I se expone el planteamiento del problema, sustentado en información relevante relacionada con la investigación; posteriormente se presentan los antecedentes de tipo internacional, nacional y local, para finalmente formular los objetivos del estudio. En el Capítulo II se desarrollan los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, abordando el marco teórico, conceptual y la normatividad nacional vigente, concluyendo con la formulación de las hipótesis. El Capítulo III describe la metodología empleada, incluyendo el tipo y diseño de investigación, la zona de estudio, la población y muestra, así como los métodos y procedimientos estadísticos utilizados. Finalmente, en el Capítulo IV se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos; el documento culmina con las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones formuladas a partir de los hallazgos alcanzados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la generación de residuos sólidos orgánicos representa uno de los principales retos ambientales. De acuerdo con el Banco Mundial (2018), se estima que la producción de residuos sólidos urbanos alcanzará los 3,4 mil millones de toneladas anuales en 2050, de los cuales aproximadamente el 44% corresponde a residuos orgánicos biodegradables (OMS, 2024). El manejo inadecuado de estos residuos produce impactos negativos como la emisión de gases de efecto invernadero (principalmente metano), la proliferación de vectores de enfermedades y la contaminación de suelos y aguas subterráneas. Frente a este escenario, el compostaje y la lombricultura (*Eisenia foetida*) han emergido como alternativas sostenibles que permiten transformar la fracción orgánica de los residuos en productos útiles como el humus, un biofertilizante de alta calidad empleado en la agricultura orgánica y en la recuperación de suelos degradados (Herrera, 2021).

En América Latina y el Caribe se generan alrededor de 231 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos al año, y cerca del 50% corresponde a materia orgánica (ONU, 2021). Sin embargo, gran parte de estos residuos no es valorizada, ya que predominan los métodos de disposición final inadecuada, como botaderos a cielo abierto y rellenos sanitarios sin control técnico. En países como México, Colombia, Brasil y Chile se han desarrollado proyectos piloto de lombricultura que han demostrado la eficiencia del *Eisenia foetida* en la reducción de residuos y en la obtención de humus de excelente

calidad, aunque su aplicación a gran escala aún enfrenta limitaciones por falta de políticas públicas y educación ambiental (UNEP, 2025). Esto evidencia la necesidad de impulsar estrategias de aprovechamiento de residuos que sean ambientalmente sostenibles y socialmente replicables en toda la región.

En el Perú, la generación de residuos sólidos municipales supera los 23 mil toneladas diarias, de las cuales más del 50% corresponde a residuos orgánicos biodegradables (Bustíos et al., 2013). A pesar de este elevado potencial de aprovechamiento, la mayoría de estos residuos termina en botaderos informales o rellenos sanitarios sin previo tratamiento, lo que genera contaminación ambiental y problemas de salud pública. El Ministerio del Ambiente ha impulsado normativas para promover la segregación en la fuente y la valorización de residuos, sin embargo, su aplicación aún es limitada (Gonzales et al., 2014). En este marco, la lombricultura se presenta como una tecnología apropiada, de bajo costo y alto impacto ambiental positivo, que puede contribuir a reducir la presión sobre la disposición final y generar un biofertilizante de valor económico. Existen experiencias exitosas de producción de humus en regiones como Lima, Arequipa y Cusco, aunque su implementación aún es incipiente en la mayor parte del país (MINAM, 2022).

En la ciudad de Juliaca, capital de la provincia de San Román, la gestión de residuos sólidos constituye un problema crítico. Según reportes de la Municipalidad Provincial de San Román, se generan más de 200 toneladas de residuos diarios, de los cuales un alto porcentaje corresponde a residuos orgánicos provenientes de los mercados de abasto. El Mercado Cerro Colorado, uno de los más importantes de la ciudad, produce diariamente grandes cantidades de desechos de frutas, verduras y restos alimenticios que, en su mayoría, son depositados en condiciones inadecuadas, ocasionando malos olores, proliferación de vectores y afectación al ambiente local. Sin embargo, estos residuos representan una materia prima valiosa para la producción de humus de lombriz mediante el uso de *Eisenia foetida*, lo cual no solo permitiría reducir el volumen de desechos orgánicos, sino también generar un abono orgánico de alta calidad que podría beneficiar

a los agricultores de la región de Puno, quienes enfrentan problemas de fertilidad en sus suelos.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cómo contribuye el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado a la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cuáles son las características de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado en términos de composición porcentual, humedad inicial y peso?
- ¿Cuál es el rendimiento de producción de humus obtenido mediante la lombriz *Eisenia foetida* a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado?
- ¿Qué características de calidad presenta el humus de lombriz producido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado de Juliaca?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cabrera (2023), realizó su investigación “Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)” realizada en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, tuvo como objetivo reducir el impacto ambiental que estos generan y poder producir un abono orgánico de buena calidad. Los residuos recolectados se depositaron en una pila a manera de capas, se obtuvieron 3,194.14 kg de residuos orgánicos frescos en un periodo de 63 días, se obtuvieron 2,235.9 kg de pre-composta en un periodo de 84 días. A cada pila se le agregaron 558.9 kg de pre-composta y de cada pila se obtuvieron 294.7 kg de lombricomposta, por las cuatro pilas que se usaron para la investigación, se obtuvieron 1,178.8 kg en un tiempo de 128 días, de este humus, el 43.27% correspondió a la categoría “extra” y el 56.73% a la categoría “segunda” con base en la norma mexicana

NMX-AA-180 SCFI -2018, con base en esta misma norma, el rendimiento en la elaboración del humus fue del 52.72%.

Plazas y Carolina (2020), en su investigación de título: “Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José - Tunja (Boyacá)” tuvieron el objetivo de implementar un cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Asilo San José de Tunja, Boyacá. Como metodología el trabajo de campo fue desarrollado en un tiempo de doce (12) meses, en donde se instalaron tres (3) camas de lombrices y una (1) cámara de estabilización para la transformación de material orgánico. Como resultados finales, se observa que la cantidad de humus y compostaje obtenido en ocho (8) meses que duró el proyecto, fue de un aproximado de tres mil seiscientos veintitrés (3623) kg. Su pH, temperatura y humedad fueron óptimos para la generación del humus y compostaje, indicando que los residuos del Asilo son aptos para la generación y ampliación de estas alternativas de aprovechamiento de residuos.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Aranda (2020), en su investigación “Propuesta de producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con los residuos orgánicos generados en el Cuartel Fuerte General División Rafael Hoyos Rubio”m tuvieron como objetivo producir humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en los comedores, restaurantes, y el taller de carpintería. Como metodología en el cuartel Fuerte General División Rafael Hoyos Rubio se generan dos barriles de residuos sólidos siendo aproximado de 400 kg diarios los cuales el 80 % son residuos orgánicos, siendo así que, en un año se aprovecharon aproximadamente 116 800 kg de residuos orgánicos. Implementar un compostador (3 x 2 x 1m) con acción de las lombrices (2 kg.) para el aprovechamiento de los residuos orgánicos es viable, ya que no se requieren de costos altos para su instalación y los materiales y herramientas que se requieran en su construcción también tienen costos económicos.

Del Castillo (2021), en su investigación “Elaboración de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos Municipales en el Distrito de San Roque de Cumbaza Región San Martín” con el objetivo de elaborar humus de lombriz (*Eisenia foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales, se elaboró humus de lombriz roja californiana utilizando como alimento el compostaje obtenido de residuos sólidos municipales de la localidad de San Roque de Cumbaza, este proceso se realizó durante un periodo de cuatro meses, como resultados el primer mes se logró una producción de 110 kg, el segundo mes 250 kg, tercer mes 450 kg y el cuarto mes se produjo 600 kg de humos haciendo un total de 1410 kg de humus de lombriz roja californiana. Concerniente a las características del estado nutricional del humus de la lombriz roja californiana, respecto a las concentraciones químicas expresadas en porcentaje, donde el 33.61% es de materia orgánica, el 1.96% es Nitrógeno total, 0.46% de Fósforo, el 0.77% de Potasio, el 5.63% de Calcio y 0.65% de Magnesio, también se muestra los parámetros expresados en partes por millón, el fierro con 3456 ppm, el Zinc con 98 ppm y el manganeso con 263.56 ppm, indicando una composición química muy buena para tener las condiciones óptimas de un abono orgánico.

Chumacero (2023), en su trabajo “Eficiencia del humus liquido de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) como fertilizante foliar aplicado al frijol comercial (*Phaseolus vulgaris*)”m tuvo como objetivo determinar la eficiencia humus liquido de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) como fertilizante foliar aplicado al frijol comercial (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Chupaca, distrito de Chongos Bajos Junín, 2022. Como metodología se procedió con la elaboración del fertilizante foliar y su posterior división en 4 concentraciones 30%, 50%, 70% y 100%, las cuales fueron aplicadas 4 veces a razón de 15 a 20 días, donde se analizaron las dosis, altura de la planta, cantidad de semillas, de vainas y de hojas. Como resultados las composteras arrojaron un crecimiento directamente proporcional entre las variables y las concentraciones, dejando que los 2 tratamientos con mayor fertilizante foliar presentan una eficiencia mayor que las otras. Existieron limitaciones como las heladas y granizadas que se adelantaron y perjudicaron

los sembríos, sin embargo, la planta mostró una resistencia que pudo favorecer para realizar las evaluaciones.

Sánchez (2023), en su investigación “Determinación de la cantidad óptima de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la mejora de la calidad de humus, como parte de la gestión de residuos sólidos orgánicos”, tuvo el objetivo determinar la cantidad óptima de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para mejorar la calidad de humus como parte de la gestión de residuos sólidos orgánicos en Huaraz. Así, se realizó cuatro tratamientos de 9 kg de compost: en el T1 se inocularon 100 g de lombrices, en el T2, 300 g, en el T3, 100 g de lombrices + biol, y en el T4, 300 g de lombrices + biol, y cada tratamiento tuvo dos repeticiones. Los resultados del análisis fisicoquímico del humus muestran que el 7 tratamiento T1 presentó mayor calidad; por tanto, la cantidad óptima de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que permitió mejorar la calidad de humus fue de 100 g en un periodo de tres meses. Se concluye que el tratamiento T1 fue de mejor calidad y cumplió con los requisitos de calidad descritos en la Norma Mexicana Humus de Lombriz (NMX-FF-109- SCFI-2008) para parámetros de conductividad eléctrica (CE) 3.42 dS/m, materia orgánica (MO) 45%, capacidad de intercambio catiónico (CIC) 236.5 cmol/kg, nitrógeno total (NT) 1.05%, densidad aparente 0.70 g/mL, humedad 35%, color marrón muy oscuro y ausente de olores pestilentes; con excepción del pH, relación C/N, fósforo (P) y potasio (K)

Guzman et al. (2024), en su investigación “Evaluación de un abono orgánico (humus) preparado a base de materias primas de Piura comparado con algunos abonos orgánicos comerciales” tuvo como objetivo analizar la calidad de los diferentes abonos orgánicos, tanto líquidos (bioles), como sólidos (tipos de humus), de la provincia de Piura en su estado natural, así como el diseño de un abono orgánico (humus) en el que la obtención de compost. La lombriz utilizada para este proyecto fue la “lombriz roja” Californiana (*Eisenia foetida*). Los tipos de humus analizados son los correspondientes a la materia prima de guano de “vacuno” (*Bos primigenius Taurus*), “caprino” (*Capra aegagrus hircus*), “caballo” (*Equus ferus caballus*) y “burro” (*Equus africanus asinus*), para poder comparar

con cuál de ellos se obtiene el producto de mayor calidad. Se ha considerado como la mejor materia prima para la producción de humus el guano de ganado caprino. El que se recomienda mezclar con grama, totora o puño en razón de generar los máximos valores en N(2.14%), P(2.88%) y K(1.12%). La adición de grama al compost aumenta el contenido de fósforo. Así mismo, el contenido promedio de ácidos fúlvicos y húmicos es de 3.2 y 9.2% respectivamente. El contenido promedio porcentual de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del humus de nuestra región es de 1.7, 0.7 y 0.25, respectivamente.

Tolentino (2025), en su investigación “Producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos Municipales en el distrito de Yanahuanca Provincia de Daniel Alcides” con el objetivo de desarrollar el proceso de producción del humus de lombriz *Eisenia foetida* a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos Municipales en el distrito de Yanahuanca en la región Pasco, en la primera etapa se recolecta e ingresan al proceso 198.69 kilos de residuos orgánicos municipales entre fruta, verdura, excreta, cartón y poda, evaluándose el pH, temperatura y humedad en el periodo de seis semanas donde se obtienen 94.5 kilos de pre-compostaje que posteriormente se colocan en lechos de lombriz con una cantidad de 0.940 kilos de lombriz dentro de un cobertizo o bioclima que permite el incremento de 0.8°C de temperatura de lecho, en esta etapa se obtienen valores promedio de pH 7, temperatura 17°C y humedad 76%, resultando favorable para el desarrollo y producción de humus de lombriz *Eisenia foetida*. Se concluye obteniendo como producto final 83.4 kilos de humus y 1.895 kilos de lombrices y logrando la producción de humus de lombriz *Eisenia foetida* a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Villar (2020), realizó la investigación “Calidad de Lombriz Compost (Humus) de Diferentes Sustratos con Intervención de la Lombriz Californiana (*Eisenia Foetida*)” en la ciudad de Juliaca, cuyo objetivo fué describir el proceso de obtención de lombri-compost (humus) a partir del compost de diferentes sustratos y diferenciar la composición del lombri-compost (humus), obtenido de diferentes sustratos. Obteniendo primeramente el compost, como

sustrato para obtener humus de lombriz, de frutas, Hortalizas (verduras) y comercial, realizando para ello la metodología descriptiva con la preparación de lechos para las lombrices, con cada sustrato en dos tratamientos (dos lechos), monitoreando 90 días desde la instalación y el respectivo análisis de laboratorio del sustrato (compost), como del humus de lombriz, en la ciudad de Lima; “LASPAF – Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes”, Universidad Nacional Agraria La Molina. El análisis estadístico realizado es a través del método de bloque completamente al azar, con análisis de varianza y prueba de significancia Tukey, dando resultados de longitud, donde, se obtienen promedios en el tratamiento con verduras un 6,65 cm, con frutas es de 7,40 cm y el comercial de 5,95 cm; para el peso, en el tratamiento con verduras un 0,800 g, con frutas es de 0,880 g y el comercial de 0,745 g y referente a la densidad, se tiene en el tratamiento con verduras un 12500 individuos, con frutas es de 14500 individuos y el comercial de 20000 individuos; tanto bloque de tratamientos y sustratos que no son significativamente diferentes y en cuanto a las características “pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg y C/N”, por bloque de sustratos son significativamente diferentes y “C.E., Hd y Na” no son significativamente diferentes y en el bloque de tratamientos todas no son diferentes.

Huapaya (2024), en su investigación “Evaluación del compostaje a diferentes composiciones para aprovechar los residuos orgánicos domiciliarios de la ciudad de puno para contribuir en contrarrestar el cambio climático” tuvo como objetivo evaluar 3 pilas de compostaje a diferente composición y 1 celda de lombricultura sin lombrices, con la finalidad de determinar qué condiciones generan un abono orgánico de mayor calidad, aprovechando Residuos Orgánicos Domiciliarios (ROD), Poda de Parques y Jardines de la ciudad (PPJ) y Estiércol de Ganado Ovino (EGO), las tres pilas con un volumen de 4.5 m³; P4 tiene 100% de ROD de 0.8 m³ colocado en una celda de lombricultura y P5 tiene 100% de ROD de 2.6 m³ que se ubicó en el exterior de la planta. Después de tres meses se extrajo tres muestras de P1, P2, P3 y P4. La pila que produce más Nitrógeno, % Materia Orgánica y Sólidos Totales es P4. A P4 se agregó azufre al 1% para neutralizar el

pH. En cuanto al %Humedad no existe diferencia significativa de las 4 pilas analizadas, debido a que fue controlada durante el proceso. Si se utiliza el compost obtenido en la agricultura, será en grandes cantidades por ejemplo para un requerimiento de N de 160 kg/Ha, se necesita 4.38 Tn/Ha de compost, lo cual es viable, ya que al día, en la ciudad de Puno, se genera 50 Tn/día de ROD que es 37.5 Tn/día de compost y al año es 13687.5 Tn de compost, suficiente para cubrir 3125 has/año.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el aprovechamiento ambiental de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado para la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado según su composición porcentual, humedad inicial y peso.
- Determinar el rendimiento de producción de humus de lombriz *Eisenia foetida* a partir de dichos residuos.
- Determinar la calidad del humus obtenido en función de parámetros físico-químicos y su potencial uso como abono orgánico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. COMPOSTAJE DE MATERIA ORGÁNICA

El compostaje es un proceso biológico controlado mediante el cual la materia orgánica biodegradable proveniente de residuos vegetales, restos de alimentos, estiércoles y otros subproductos orgánicos se transforma en un material estable, higienizado y rico en nutrientes llamado compost. Este proceso ocurre gracias a la acción conjunta de microorganismos descomponedores (bacterias, hongos y actinomicetos) y macrofauna del suelo principalmente lombrices, insectos y otros invertebrados que degradan los compuestos orgánicos complejos en sustancias más simples, contribuyendo así al ciclo natural de la materia (Barrena, 2007).

El compostaje constituye una de las estrategias más efectivas dentro de la gestión integral de residuos sólidos, ya que permite reducir significativamente el volumen de residuos orgánicos que llegan a botaderos o rellenos sanitarios. Asimismo, representa un método ambientalmente sostenible y de bajo costo para recuperar nutrientes y mejorar la calidad de los suelos agrícolas, urbanos o degradados (Gómez et al., 2006).

El compostaje se basa en la actividad metabólica de diversos grupos microbianos que actúan sobre los residuos orgánicos. La degradación se desarrolla en varias fases térmicas (Matiz, 2009):

a) Fase mesófila

En esta etapa inicial, los microorganismos mesófilos actúan sobre los compuestos más fácilmente degradables como azúcares y proteínas simples. La temperatura se eleva gradualmente debido a la energía liberada por la actividad microbiana.

b) Fase termófila

La temperatura alcanza entre 50 °C y 70 °C, permitiendo la reducción de patógenos, semillas de malezas y microorganismos indeseables. Los termófilos degradan moléculas más complejas como lignina, celulosa y hemicelulosa.

c) Fase de enfriamiento

Cuando parte de la materia más compleja ha sido degradada, disminuye la actividad microbiana y la temperatura desciende. Comienza la colonización de organismos mesófilos nuevamente.

d) Fase de maduración

El material se estabiliza, se forman compuestos húmicos y el compuesto final adquiere olor terroso, textura fina y color oscuro. El producto final es estable y apto para su uso en suelos.

2.1.2 CARACTERÍSTICA DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA

La *Eisenia foetida*, comúnmente conocida como lombriz roja californiana, es una especie ampliamente utilizada en procesos de vermicompostaje debido a su alta capacidad reproductiva, resistencia a diversas condiciones ambientales y eficiencia en la descomposición de materia orgánica. Esta lombriz pertenece al filo Annelida, clase Clitellata, orden Haplotaxida y familia Lumbricidae. Su importancia radica en su papel fundamental en la transformación de residuos sólidos orgánicos en humus de lombriz, un abono altamente nutritivo para los suelos (Canales et al., 2021).

a. Morfología y características físicas. La *Eisenia foetida* presenta un cuerpo alargado, cilíndrico y segmentado, compuesto por aproximadamente 80 a 120 anillos. Su longitud varía entre 5 y 12 centímetros, y su diámetro oscila entre 3 y 5 milímetros, dependiendo de la etapa de desarrollo y de las condiciones ambientales (Cortez & Gallegos, 2021).



Figura 01: Lombriz *Eisenia foetida*.

Fuente: (Canales- et al., 2021)

Sus principales características físicas son (Llivicura, 2023):

- Coloración rojiza o pardo-rojiza, con bandas visibles más oscuras en cada segmento.
- Cuerpo húmedo y flexible, recubierto por una cutícula delgada que facilita la respiración cutánea.
- Ausencia de ojos, pero sensibilidad a la luz mediante receptores fotoeléctricos.
- Posee setas, pequeñas estructuras en forma de cerdas que le permiten desplazarse por el sustrato.
- Presenta un clitelo bien desarrollado en ejemplares adultos, estructura encargada de producir los capullos reproductivos.
- Su anatomía está especialmente adaptada para la vida en ambientes ricos en materia orgánica y con condiciones de humedad elevada.

b. Hábitat y tolerancia ambiental. La *Eisenia foetida* no es una lombriz de suelo profundo, sino que habita en la fracción superficial de la materia orgánica en descomposición, como estiércoles, compost o restos vegetales. Sus condiciones ideales de desarrollo son (Loza et al., 2010):

- Temperatura óptima: entre 15 °C y 25 °C, aunque tolera de 5 °C a 30 °C.
- Humedad del sustrato: entre 70 % y 90 %, condición indispensable para su respiración cutánea.
- pH ideal: de 6.5 a 8.0, aunque soporta variaciones moderadas.
- Ambientes sombreados, evitando la exposición directa al sol.

Esta especie es altamente adaptable, lo que explica su uso generalizado en plantas de compostaje, unidades domésticas y proyectos agroecológicos.

c. Alimentación y capacidad de descomposición.

La *Eisenia foetida* se alimenta principalmente de (Mestas, 2023):

- Restos vegetales (cáscaras, frutas, verduras)
- Estiércoles diversos
- Microorganismos presentes en el sustrato
- Residuos orgánicos en proceso de fermentación

Su aparato digestivo está diseñado para procesar grandes cantidades de materia orgánica. Una lombriz adulta consume diariamente una cantidad equivalente a la mitad de su peso corporal, y llega a procesar en promedio hasta 1 kilogramo de residuos por cada 1.000 lombrices al día. Este valor la convierte en una especie altamente eficiente para la reducción del volumen de residuos orgánicos dentro de sistemas sostenibles de gestión de residuos.

d. Ciclo reproductivo y crecimiento poblacional. Uno de los aspectos más destacados de la *Eisenia foetida* es su alta capacidad reproductiva, lo que facilita una rápida expansión de la población en condiciones favorables (Reyes et al., 2022).

- Es una especie hermafrodita, aunque requiere apareamiento cruzado.
- Cada lombriz adulta produce entre 1 y 3 capullos por semana.
- Cada capullo contiene entre 1 y 20 embriones, con una media de 3 a 7 lombricillas.
- El tiempo de incubación es de 18 a 30 días.
- Una lombriz alcanza la madurez sexual en 45 a 60 días.

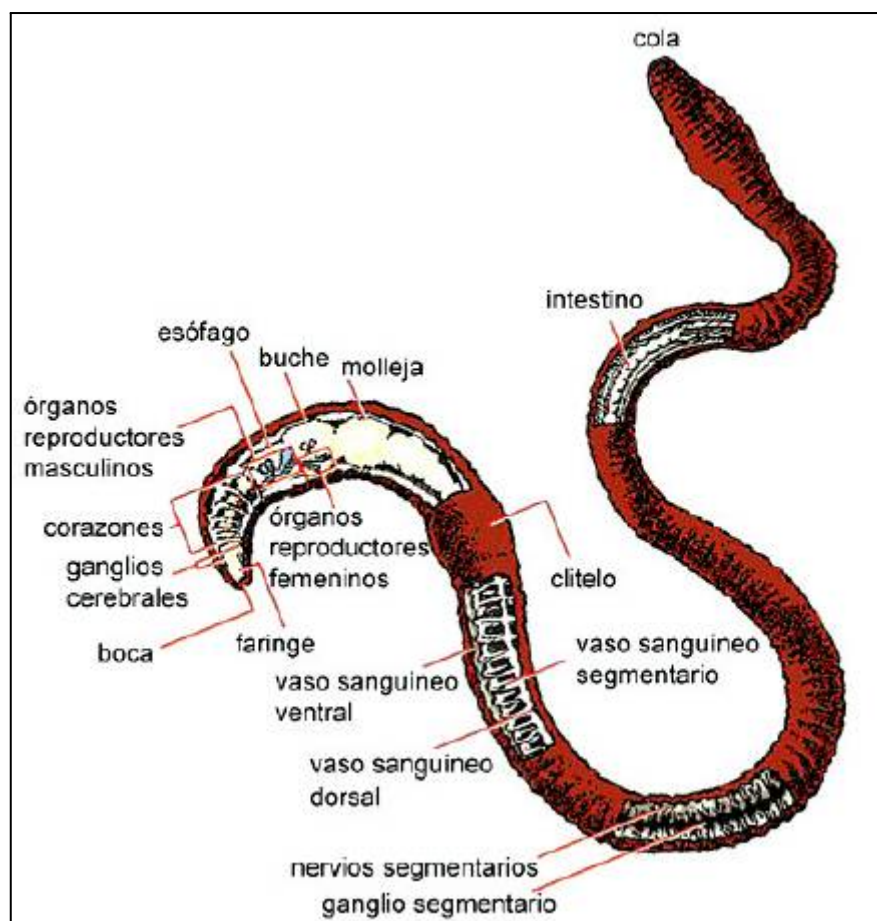


Figura 02: Anatomía interna de la lombriz.

Fuente: (Canales et al., 2021)

Con estas características, se estima que la población de *Eisenia foetida* puede duplicarse en un período aproximado de 60 a 90 días, dependiendo del sustrato y condiciones ambientales.

e. Importancia ecológica y agrícola. La *Eisenia foetida* desempeña un papel crucial en la sostenibilidad ambiental, debido a que (Rincones et al., 2023):

- Mejora la calidad del suelo al aumentar la porosidad, aireación y estructura.
- Promueve la actividad microbiana benéfica gracias a su acción digestiva.
- Contribuye a la producción de humus, un fertilizante rico en macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes esenciales.
- Reduce la presencia de patógenos en la materia orgánica.
- Ayuda a cerrar el ciclo de nutrientes dentro de sistemas agroecológicos.

El humus producido por la acción de la *Eisenia foetida* es reconocido por su efecto positivo en la germinación, crecimiento y resistencia de las plantas.

f. Ventajas en sistemas de vermicompostaje. El uso de *Eisenia foetida* en procesos de vermicompostaje ofrece múltiples beneficios (Romero et al., 2018):

- Alta tolerancia a cambios en el sustrato.
- Gran capacidad de ingestión y producción de humus.
- Rápida reproducción.
- Adaptación a sistemas confinados (cajas, lechos, reactores).
- Resistencia a condiciones moderadamente adversas.

Estas características la han convertido en la especie preferida para el manejo de residuos orgánicos en hogares, instituciones educativas, centros agrícolas y mercados.

2.1.3. HUMUS DE LOMBRIZ

El humus de lombriz, también conocido como vermicompost, es un abono orgánico de alta calidad obtenido a partir de la transformación biológica de residuos orgánicos mediante la acción conjunta de microorganismos y lombrices, principalmente de la especie *Eisenia foetida*. Este proceso de descomposición aeróbica genera un producto estable, rico en nutrientes y con excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas que lo convierten en uno de los fertilizantes naturales más valorados en la agricultura sostenible (Toccalino et al., 2004).

A nivel físico, el humus de lombriz se caracteriza por su textura fina y granulada, además de poseer una alta capacidad de retención de agua y un equilibrio adecuado de aireación. Estas características permiten mejorar la estructura del suelo, favoreciendo la formación de agregados estables y promoviendo un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces. Asimismo, su color oscuro es indicador de la presencia de sustancias húmicas y fúlvicas, las cuales desempeñan un papel clave en la fertilidad del suelo.



Figura 03: Humus de lombriz.

Fuente: (Toccalino et al., 2004).

2.1.4. CICLO DE VIDA Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

El ciclo de vida y gestión de los residuos sólidos orgánicos comprende un conjunto de procesos orientados a minimizar su impacto ambiental, promover su adecuada valorización y contribuir al desarrollo sostenible. Los residuos orgánicos, provenientes principalmente de restos de alimentos, residuos agrícolas, podas de jardines y desechos biodegradables, representan una fracción significativa del total de residuos generados en zonas urbanas y rurales. Debido a su naturaleza biodegradable, estos residuos poseen un ciclo dinámico vinculado a la descomposición natural y a su potencial transformación en productos útiles, como compost o biogás (Aredo et al., 2022).

El ciclo de vida de los residuos sólidos orgánicos inicia en la generación, que ocurre en hogares, mercados, restaurantes, centros agroindustriales y actividades agrícolas. En esta etapa se determinan la cantidad y el tipo de residuos producidos, factores que dependen de hábitos de consumo, niveles de educación ambiental y patrones de producción. La siguiente fase es la segregación en la fuente, que consiste en separar los residuos orgánicos de los inorgánicos para facilitar su recolección diferenciada y evitar la

contaminación cruzada. Una segregación adecuada es crucial para garantizar la eficiencia de la valorización posterior (Daroca, 2014).

La etapa más importante dentro del ciclo es la **valorización**, que consiste en aprovechar el potencial orgánico mediante procesos biológicos controlados. Entre los métodos más utilizados se encuentran el **compostaje**, que transforma los residuos en abono orgánico estable, y la **digestión anaeróbica**, que permite obtener biogás y biofertilizantes. Ambos procesos contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero y fomentan la economía circular al reintegrar los nutrientes al suelo o convertirlos en energía renovable. Cuando la valorización no es posible, los residuos orgánicos pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, aunque esta práctica es la menos deseable por su impacto ambiental.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Aprovechamiento de residuos orgánicos. Es el proceso mediante el cual los residuos biodegradables son transformados mediante métodos biológicos como el compostaje o digestión anaeróbica. Su finalidad es reducir el impacto ambiental y reincorporar nutrientes al ecosistema. (Aredo et al., 2022)

Compost. Producto orgánico estable obtenido de la descomposición aeróbica controlada de residuos vegetales y animales. Posee nutrientes esenciales y mejora la estructura del suelo. (Barrena, 2007)

Compostaje. Proceso biológico aeróbico mediante el cual microorganismos y macrofauna transforman residuos orgánicos en compost. Es una técnica eficiente y sostenible dentro de la gestión de residuos sólidos. (Gómez et al., 2006)

Digestión anaeróbica. Proceso biológico sin presencia de oxígeno que transforma residuos orgánicos en biogás y digestato. Se emplea como alternativa de valorización para generar energía renovable. (Aredo et al., 2022)

Eisenia foetida. Especie de lombriz utilizada en vermicompostaje debido a su alta capacidad de ingestión, reproducción y tolerancia ambiental. Es reconocida por transformar residuos orgánicos en humus de alta calidad. (Canales et al., 2021)

Fase de enfriamiento (compostaje). Etapa donde la temperatura disminuye tras degradar compuestos complejos. Microorganismos mesófilos vuelven a colonizar el material para continuar su estabilización. (Matiz, 2009)

Fase de maduración (compostaje). Proceso final donde se forman compuestos húmicos y el material adquiere estabilidad, olor terroso y color oscuro. El compost se vuelve apto para su uso agrícola. (Matiz, 2009)

Fase mesófila (compostaje). Primera etapa donde microorganismos mesófilos degradan compuestos simples y elevan la temperatura inicial del material. Inicia el proceso de transformación de residuos. (Matiz, 2009)

Fase termófila (compostaje). Etapa donde la temperatura alcanza entre 50 °C y 70 °C, eliminando patógenos y degradando moléculas complejas. Predominan microorganismos termófilos. (Matiz, 2009)

Humus de lombriz. Abono orgánico obtenido de la digestión de residuos orgánicos por lombrices, especialmente *Eisenia foetida*. Es un producto estable, rico en nutrientes y con propiedades físico-químicas que mejoran el suelo. (Toccalino et al., 2004)

Lombriz roja californiana. Nombre común de la *Eisenia foetida*, caracterizada por su rápida reproducción, resistencia y eficacia en la descomposición de materia orgánica. Su uso es predominante en sistemas de vermicompostaje. (Canales et al., 2021)

Materia orgánica biodegradable. Material constituido por restos vegetales, alimentos, estiércoles y otros compuestos que pueden descomponerse por acción microbiana. Representa la fracción base del compostaje. (Barrena, 2007)

Segregación en la fuente. Proceso de separación inicial de residuos orgánicos e inorgánicos en el lugar donde se generan. Es esencial para evitar contaminación y asegurar la eficiencia del compostaje. (Daroca, 2014)

Vermicompostaje. Proceso biológico que utiliza lombrices y microorganismos para descomponer residuos orgánicos y producir humus. Es eficiente, de bajo costo y adecuado para diversas escalas de manejo. (Romero et al., 2018)

2.3. MARCO NORMATIVO

Ley N.º 27314 - Ley General de Residuos Sólidos Es la norma principal que regula la gestión integral de residuos sólidos en el Perú. Establece los principios de minimización, reaprovechamiento y valorización, fomentando la transformación de los residuos orgánicos en productos útiles como compost o humus. Señala, además, la responsabilidad de los generadores y municipalidades para promover prácticas ambientalmente adecuadas.

Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM – Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos.

Desarrolla la Ley 27314 e introduce el enfoque de economía circular, incentivando el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante procesos de compostaje y vermicompostaje. Define los criterios para el manejo adecuado de residuos municipales y fomenta tecnologías orientadas a su valorización.

Ley N.º 28611 - Ley General del Ambiente. Reconoce la importancia de preservar los recursos naturales y evitar la contaminación ambiental. Esta ley promueve prácticas sostenibles y establece la obligación de manejar adecuadamente los residuos sólidos para reducir impactos negativos en los ecosistemas, alineándose con los fines de esta investigación.

Decreto Supremo N.º 002-2021- MIDAGRI - Reglamento Técnico para Fertilizantes y Abonos. Regula el registro, producción, transformación y comercialización de fertilizantes, incluidos los abonos orgánicos como el humus de lombriz. Define parámetros mínimos de calidad, etiquetado y seguridad, los cuales son esenciales para evaluar la calidad del humus obtenido.

Norma Técnica Peruana NTP 311.110:2014 - Compost. Requisitos. Aunque dirigida principalmente al compost, esta norma sirve como referencia técnica para evaluar productos derivados de la descomposición biológica de residuos orgánicos, incluyendo el humus de lombriz. Establece parámetros como humedad, pH, nutrientes, estabilidad y presencia de impurezas.

Directrices de la FAO sobre Manejo de Residuos Orgánicos y Suelos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomienda la transformación de residuos orgánicos en humus o compost para mejorar la fertilidad del suelo, reducir la contaminación y promover sistemas agrícolas sostenibles.

Normas Internacionales de Fertilizantes Orgánicos (ISO 17088 y afines). Estas normas, aunque orientadas al compost biodegradable, establecen principios y requisitos que permiten evaluar la calidad y seguridad de productos obtenidos de la biodegradación controlada de materia orgánica, aplicables al humus de lombriz como referencia técnica.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado permite obtener humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- Los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición mayoritariamente de frutas y verduras, con una humedad inicial dentro del rango óptimo y un peso fresco variable.
- La lombriz *Eisenia foetida* produce un rendimiento significativo de humus a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado.
- El humus obtenido presenta características de calidad favorables (físicas, químicas y biológicas) para su uso como mejorador de suelos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en el Mercado Cerro Colorado, ubicado en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, región Puno, al sur del Perú. Juliaca se sitúa en la meseta del Collao, a una altitud aproximada de 3,824 msnm , con clima frío seco y una temperatura media anual que oscila entre los 4 °C y 14 °C. Su población supera los 250,000 habitantes, lo que la convierte en uno de los principales centros urbanos y comerciales del altiplano peruano.

- Contaminación del aire y del suelo: la descomposición inadecuada de los residuos orgánicos produce malos olores, proliferación de vectores (moscas, roedores) y lixiviados que afectan la calidad del suelo y de las áreas circundantes.
- Impacto en la salud pública: la acumulación de residuos atrae animales e incrementa riesgos sanitarios para comerciantes, consumidores y pobladores cercanos.
- Presión sobre el sistema de limpieza pública: la municipalidad enfrenta limitaciones técnicas y presupuestarias para el manejo eficiente de los residuos del mercado, lo que agrava la acumulación diaria de basura.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. POBLACIÓN.

La población de la investigación estuvo constituida por la totalidad de los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado de la ciudad de Juliaca, 2025. Estos residuos están conformados principalmente por cáscaras, restos de frutas, verduras, tubérculos y otros desechos biodegradables provenientes de las actividades diarias de los comerciantes.

3.2.2. MUESTRA.

La muestra estuvo conformada por una cantidad representativa de residuos sólidos orgánicos recolectados en el Mercado Cerro Colorado, seleccionados bajo criterios de homogeneidad y representatividad. Para fines de la investigación, se estableció una muestra de **110 kilogramos** de residuos orgánicos, dicha muestra fué la suma de 7 muestras previas (M1 a M7) correspondientes a cada día de la semana, los cuales fueron sometidos al proceso de lombricultura con la especie *Eisenia foetida*.

El diseño experimental contempló la utilización de unidades de producción (camas lombriceras o contenedores), en las que se dispuso la muestra de residuos previamente segregados, triturados y acondicionados, a fin de garantizar condiciones óptimas de reproducción y alimentación de las lombrices.

La determinación de la muestra se realizó considerando:

- La disponibilidad y accesibilidad de los residuos orgánicos en el mercado.

- La capacidad de manejo y procesamiento en las unidades experimentales.
- La representatividad de la fracción orgánica frente al total de residuos sólidos generados en el área de estudio.

De este modo, la muestra permitió obtener datos confiables sobre el rendimiento de humus producido y su calidad físico-química, que posteriormente podrán extrapolarse como modelo de aprovechamiento de residuos orgánicos en mercados de similares características.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es de **tipo aplicada**, ya que busca dar solución a un problema concreto: el inadecuado manejo de residuos sólidos orgánicos en el Mercado Cerro Colorado de la ciudad de Juliaca, a través de su aprovechamiento mediante la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*).

Asimismo, es de **enfoque cuantitativo**, puesto que se mide parámetros físico-químicos del humus como *N-P-K* y se recolectan datos numéricos de pesos, pH y humedad. Para el proceso de lombricultura. así observar el rendimiento y la calidad del humus obtenido.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño corresponde a un diseño **pre - experimental**, ya que se trabajará con un solo grupo de estudio (muestra única de residuos orgánicos) sometido a un tratamiento (proceso de lombricultura con *Eisenia foetida*) y posteriormente se evaluarán los resultados en términos de rendimiento y calidad del humus producido.

3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Técnicas.

- Observación directa: para registrar las condiciones del proceso y cambios en el material.
- Registro medición y pesada: para calcular el rendimiento de producción de humus.
- Análisis de laboratorio: para determinar parámetros físico-químicos del humus obtenido.

Instrumentos de medición:

- Balanza digital: para medir peso inicial de los residuos y peso final del humus.
- Termómetro y medidor de humedad: para controlar condiciones del proceso.
- pH-metro: para medir parámetros de acidez.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Objetivo específico 1: Caracterizar los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado según su composición porcentual, humedad inicial y peso.

- Se llevó a cabo la recolección de muestras de residuos sólidos orgánicos en los diferentes puestos del mercado durante una semana (Ver Anexo 02), priorizando aquellos dedicados a la comercialización de frutas y verduras. La recolección se efectuó durante el horario de mayor actividad comercial, con el fin de asegurar la representatividad de los residuos generados.
- Posteriormente, las muestras recolectadas fueron transportadas y acondicionadas en recipientes limpios y rotulados. Se realizó una clasificación manual para separar los residuos orgánicos de materiales inorgánicos, tales como plásticos, metales y vidrios, los cuales fueron descartados del análisis.
- Una vez clasificados, los residuos orgánicos fueron pesados en estado fresco utilizando una balanza digital calibrada, registrándose el peso total de cada muestra en kilogramos. Este valor permitió determinar el peso fresco inicial de los residuos sólidos orgánicos.
- Para la determinación de la composición porcentual, los residuos orgánicos fueron segregados en categorías de frutas, verduras y otros residuos orgánicos. Cada fracción fue pesada por separado, y la composición porcentual se calculó en función del peso de cada fracción respecto al peso total de la muestra.
- La humedad inicial de los residuos sólidos orgánicos se determinó mediante el método gravimétrico de pérdida de peso en estufa, conforme a procedimientos estándar. Para ello, se tomó una submuestra representativa de cada muestra, la cual fue secada en una estufa a una temperatura de 105 °C hasta peso constante. El contenido de humedad

se calculó como el porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial de la submuestra.

- Finalmente, los datos obtenidos de peso fresco, composición porcentual y humedad inicial fueron registrados, organizados y sistematizados en tablas, permitiendo la posterior interpretación y análisis de los resultados en función del objetivo planteado.

Objetivo específico 2: Determinar el rendimiento de producción de humus de lombriz *Eisenia foetida* a partir de dichos residuos.

Acondicionamiento del sustrato

Una vez recolectados, los residuos orgánicos fueron sometidos a un **proceso de pretratamiento** para mejorar su biodegradabilidad y facilitar la alimentación de las lombrices. El procedimiento incluye:

- **Triturado y homogeneización** : reducción del tamaño de las partículas para aumentar la superficie de contacto.
- **Mezclado y uniformización**: combinación de diferentes tipos de residuos para equilibrar la relación carbono/nitrógeno (C/N), fundamental para una adecuada descomposición.
- **Ajuste de humedad**: mediante la adición de agua o material seco hasta alcanzar un rango de 60% - 80%, condiciones óptimas para la actividad de *Eisenia foetida*.
- **Reposo inicial (opcional)**: los residuos permanecieron de 5 a 7 días en pre-compostaje, lo que reduce la temperatura inicial y evita gases nocivos para las lombrices.

Implementación del proceso de lombricultura

El sustrato preparado fué depositado en una unidad lombricera (contenedor o cama de descomposición) construida con dimensiones que permitan aireación y drenaje. Posteriormente se inocularon las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), en una proporción equivalente al 5% del peso fresco de los residuos orgánicos.

Las condiciones iniciales se ajustaron para asegurar la supervivencia de las lombrices:

- Temperatura óptima entre **15 °C y 25 °C**.

- pH cercano a la neutralidad (6.5 – 7.5).
- Profundidad del material entre 20 y 40 cm, lo que facilita el movimiento y alimentación de las lombrices.

Monitoreo del proceso

Durante un período de **30 a 40 días**, se realizó un control periódico de las condiciones de la unidad lombricera con el fin de asegurar la transformación adecuada de los residuos.

Se supervisarán los siguientes parámetros:

- **Humedad:** mantenida en el rango de 60% - 80%, mediante riego ligero o cobertura con material húmedo.
- **Temperatura:** controlada con termómetro de suelo, evitando excesos que puedan afectar a las lombrices.
- **pH:** verificado periódicamente para mantenerlo en niveles adecuados para la actividad biológica.
- **Observación de la actividad biológica:** se registró la movilidad y vitalidad de las lombrices, así como el grado de descomposición de los residuos.

Obtención del humus

Una vez culminado el ciclo de transformación, se procedió a la cosecha del humus. El material fué cribado con tamices de malla fina para separar las lombrices adultas, juveniles y cocones del humus estabilizado. El producto final se caracterizó por:

- **Textura terrosa**, de gránulos finos y homogéneos.
- **Color oscuro**, indicador de materia orgánica estabilizada.
- **Ausencia de olores desagradables**, lo que refleja un proceso de descomposición completo.

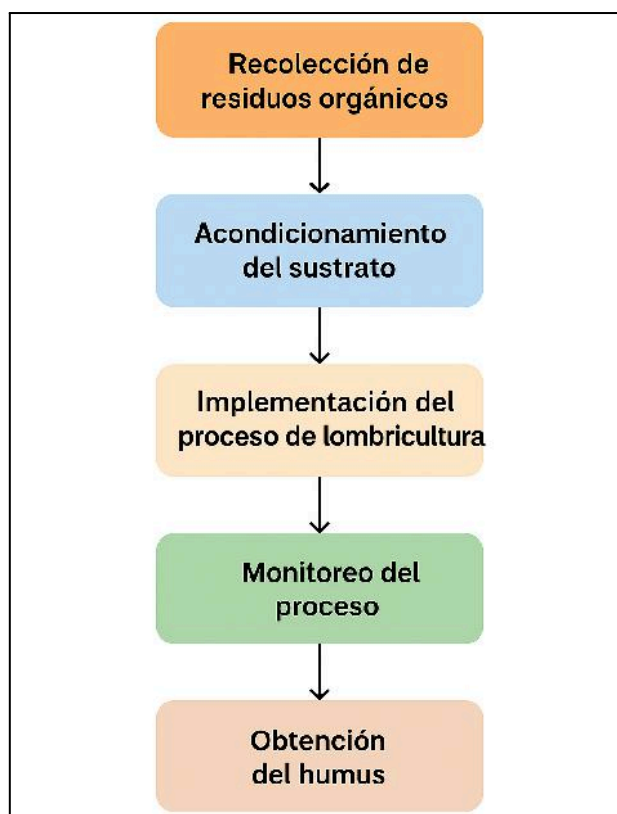


Figura 05: Flujograma del proceso de elaboración de humus.

Objetivo específico 2: Determinar la calidad del humus obtenido en función de parámetros físico-químicos y su potencial uso como abono orgánico.

Toma de muestra representativa:

- Al finalizar la producción (cosecha del humus) se tomó submuestras de diferentes puntos del contenedor/unidad lombricera (al menos 5 puntos: centro, 4 extremos y superficie/profundidad) y combinar para formar una muestra compuesta.
- Cantidad compuesta por réplica: ≥ 1 kg para análisis físico-químicos y bioensayos.

Etiqueta y transporte:

- Identificación, fecha y unidad.
- Transporte en envases limpios y herméticos, refrigerar para el análisis.

Interpretación y criterios de aceptación

- El humus se considerará **apto para uso agrícola** si:
 - C/N entre 10–20;
 - pH 6--8;

- CE no elevada (según cultivo);
- Ausencia de fitotoxicidad ($IG \geq 80\%$);
- Metales pesados y patógenos por debajo de límites normativos.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 01.: Identificación de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicador o definición operativa	Escala de medición	Categoría y valores
Independiente				
Residuos sólidos orgánicos	Composición Humedad color Peso inicial	. % de frutas / verduras / otros (porcentaje en la muestra compuesta). Humedad inicial (%) medida por pérdida de peso en estufa a 105 °C Peso total fresco de la muestra (kg).	Porcentaje Porcentaje Porcentaje Kilos	Composición: Frutas dominante (>60%), Mixto (30–60%), Vegetales dominante (>60%). Humedad: Baja <40%; Óptima 40–75%; Alta >75%. Peso inicial: Pequeña <20 kg; Media 20–50 kg; Grande >50 kg
Dependiente				
Humus de lombriz	Rendimiento de producción de humus.	Rendimiento = (peso humus seco / peso residuos frescos) × 100	Porcentaje	Rendimiento: Bajo <25%; Medio 25–35%; Alto >35%. Tasa de conversión: Bajo <0.25; Medio 0.25 -- 0.35; Alto >0.35.
Calidad físico-química del humus	pH CE Materia orgánica Nutrientes (N, P, K)		pH (unidad); CE (mS/cm); %; ratio mg·kg ⁻¹	De acuerdo a normativa. NTP 201.208:2021 :FERTILIZANTES

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

La investigación utilizó un método estadístico de tipo descriptivo, debido a que tuvo como finalidad caracterizar los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado, determinar el rendimiento de producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) y evaluar la calidad físico-química del humus obtenido, sin manipular deliberadamente las variables del estudio.

El diseño estadístico fue no experimental y transversal, ya que los datos fueron recolectados en un solo periodo de tiempo, observando y registrando los resultados tal como se presentaron durante el proceso de vermicompostaje, en condiciones reales de manejo de residuos de mercado.

Para el tratamiento de los datos se emplearon estadísticos descriptivos, tales como frecuencias absolutas y relativas (porcentajes), promedios y valores de referencia, los cuales permitieron analizar la composición de los residuos, la humedad inicial, el rendimiento del humus y los parámetros físico-químicos obtenidos. Los resultados fueron organizados y presentados mediante tablas y figuras, facilitando su análisis, interpretación y comparación con normas técnicas y antecedentes de investigaciones similares.

Este método estadístico permitió obtener información clara, confiable y representativa del proceso de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante lombricultura, acorde con los objetivos planteados en la investigación.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CERRO COLORADO SEGÚN SU COMPOSICIÓN PORCENTUAL, HUMEDAD INICIAL Y PESO.

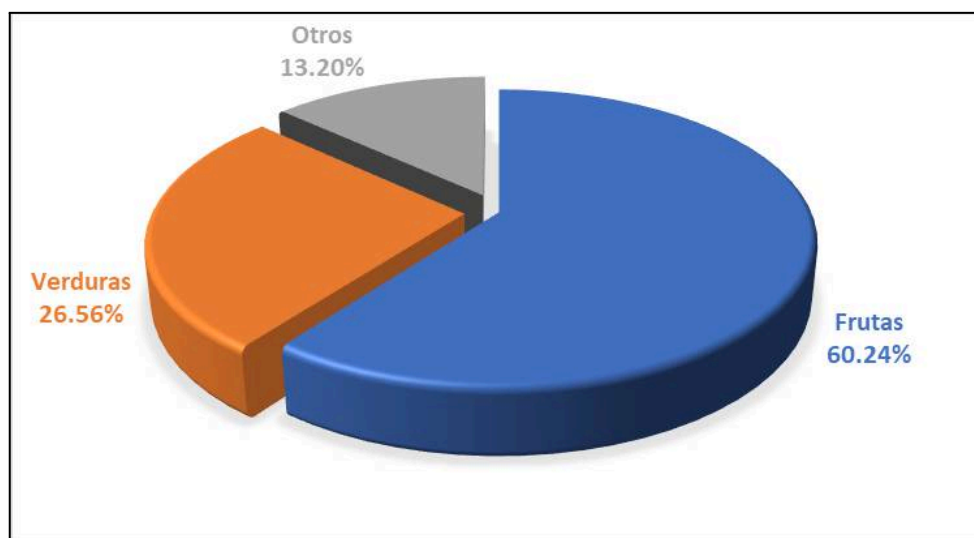


Figura 06: Caracterización de los residuos sólidos orgánicos, por su composición.

La Figura 06 evidencia que los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado presentan una composición predominantemente de frutas (60.24 %), seguida por verduras (26.56 %) y, en menor proporción, otros residuos orgánicos (13.20 %). Esta distribución refleja el tipo de actividades comerciales predominantes en el mercado, orientadas principalmente a la venta de productos hortofrutícolas.

El alto porcentaje de residuos de frutas y verduras indica una elevada biodegradabilidad del material orgánico, así como un contenido significativo de materia orgánica fácilmente descomponible, condiciones favorables para su aprovechamiento mediante procesos de

vermicompostaje con *Eisenia foetida*. Asimismo, la baja proporción de otros residuos orgánicos sugiere una adecuada segregación inicial, lo cual contribuye a mejorar la eficiencia del proceso de transformación en humus.

Desde el punto de vista ambiental, esta composición representa una oportunidad para la valorización de residuos sólidos orgánicos, al reducir el volumen de residuos destinados a disposición final y promover su uso como fertilizante orgánico. En consecuencia, los resultados obtenidos en la Figura 06 confirman que los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado son aptos para la producción de humus de lombriz, tanto por su naturaleza como por su proporción mayoritaria de residuos vegetales.

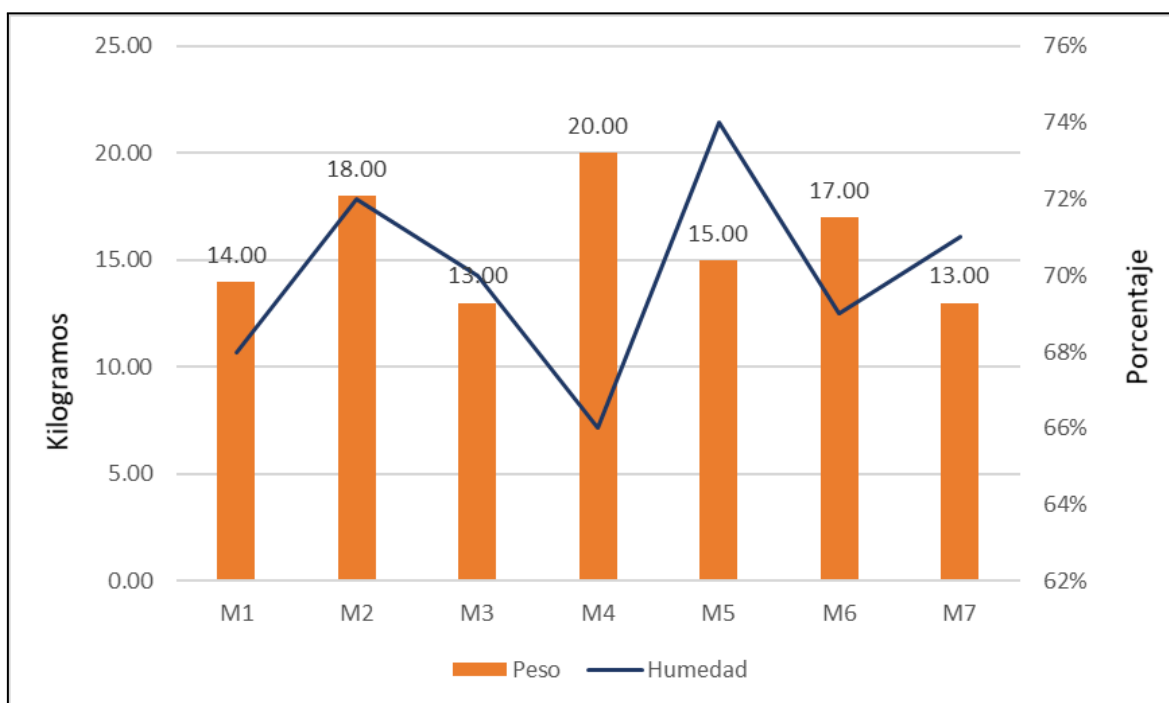


Figura 07: Caracterización de los residuos sólidos orgánicos, por su humedad inicial.

La Figura 07 muestra la variación de la humedad inicial de los residuos sólidos orgánicos recolectados en el Mercado Cerro Colorado, correspondiente a siete muestras analizadas. Los valores de humedad oscilaron entre 66 % y 74 %, con un valor promedio de 70 %, lo que indica una distribución relativamente homogénea entre las muestras evaluadas.

Se observa que todas las muestras se encuentran dentro del rango óptimo de humedad (40–75 %) recomendado para el proceso de vermicompostaje, lo cual favorece la

actividad biológica de las lombrices *Eisenia foetida* y el desarrollo de los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. La muestra M5 presentó el mayor contenido de humedad (74 %), mientras que la muestra M4 registró el valor más bajo (66 %); sin embargo, estas diferencias no representan condiciones limitantes para el proceso.

En relación con el peso fresco de las muestras, este varió entre 13.00 kg y 20.00 kg, sin evidenciar una relación directa con los valores de humedad, lo que sugiere que el contenido de agua no depende necesariamente de la cantidad de residuo recolectado, sino del tipo de material orgánico predominante en cada muestra.

En términos generales, los resultados obtenidos en la Figura 07 indican que los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan condiciones iniciales adecuadas de humedad, lo cual permite su aprovechamiento directo en la producción de humus de lombriz, reduciendo la necesidad de acondicionamientos previos y contribuyendo a la eficiencia del proceso de vermicompostaje.

4.2. RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EISENIA FOETIDA A PARTIR DE DICHOS RESIDUOS.

Tabla 02: Producción de humus a partir de los residuos frescos.

Insumo	Peso [kg]
Residuos frescos	110
Humus seco	34.1

Cálculo del rendimiento:

Rendimiento = (peso humus seco / peso residuos frescos) × 100

Rendimiento = (34.1/110)*100 = **31.00 %**

El rendimiento de producción de humus obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado fue de 31.00 %, calculado en base al peso del humus seco producido (34.1 kg) respecto al peso inicial de los residuos frescos (110 kg).

Este valor se ubica dentro del rango de rendimiento medio (25–35 %) establecido en la matriz de variables del presente estudio.

Este rendimiento refleja una eficiente transformación de la materia orgánica, atribuible principalmente a la adecuada composición de los residuos, caracterizada por una alta proporción de frutas y verduras, así como a las condiciones iniciales favorables de humedad, que oscilaron entre 66 % y 74 %. Dichos factores favorecen la actividad biológica de las lombrices *Eisenia foetida* y de los microorganismos descomponedores, acelerando el proceso de estabilización de la materia orgánica.

Asimismo, el rendimiento obtenido es consistente con valores reportados en estudios similares realizados en mercados de abasto, donde los rendimientos de humus suelen situarse entre 25 % y 40 %, dependiendo del tipo de residuo, el manejo del sistema y el tiempo de procesamiento. En este sentido, el resultado alcanzado evidencia que los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan un alto potencial de aprovechamiento para la producción de humus de lombriz.

Desde una perspectiva ambiental y operativa, un rendimiento del 31.00 % implica una reducción significativa del volumen de residuos destinados a disposición final, contribuyendo a la gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. Además, la cantidad de humus obtenido constituye un insumo orgánico con valor agronómico, lo que refuerza la viabilidad técnica del vermicompostaje como alternativa de tratamiento de los residuos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado.

4.3. CALIDAD DEL HUMUS OBTENIDO EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU POTENCIAL USO COMO ABONO ORGÁNICO.

Tabla 03: Calidad del humus obtenido, como abono orgánico.

Parámetros	Unidad	Humus producido	Valor de referencia según NTP 201.208:2021	Calidad
pH	valor de pH	7.9	6.0 – 8.5	Adecuada
Conductividad eléctrica	mS/cm	3.54	No especifica	Aceptable*
Nitrógeno total (N)	%	1.9	0.3 – 1.5	Alta
Fósforo disponible (P ₂ O ₅)	%	0.95	0.1 – 1.0	Adecuada
Potasio disponible (K ₂ O)	%	1.02	0.3 – 1.0	Ligeramente alta
Materia orgánica	%	38.01	≥ 20	Alta
Carbono	%	21.45	No especifica	Aceptable*
Calcio	%	1.08	No especifica	Aceptable*
Magnesio	%	0.6	0.2 – 0.7	Adecuada

* Aceptable: parámetro sin valor límite específico en la NTP 201.208:2021, pero dentro de rangos reportados en literatura para humus de lombriz de buena calidad.

La Tabla 03 muestra que el humus de lombriz producido a partir de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presenta características físico-químicas que

cumplen, en su mayoría, con los valores de referencia establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, evidenciando su aptitud como abono orgánico.

El pH del humus obtenido fue de 7.9, valor que se encuentra dentro del rango permitido por la normativa (6.0 – 8.5), lo que indica una condición ligeramente alcalina favorable para la mayoría de los cultivos agrícolas. Este pH contribuye a una adecuada disponibilidad de nutrientes y no representa riesgo de toxicidad para las plantas.

La conductividad eléctrica (3.54 mS/cm), aunque no cuenta con un valor límite específico en la NTP 201.208:2021, se clasifica como aceptable, ya que se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura para humus de lombriz de buena calidad. Este nivel de conductividad sugiere una concentración adecuada de sales solubles, sin riesgo significativo de salinización del suelo cuando se aplica de manera controlada.

En cuanto al nitrógeno total, el valor obtenido (1.9 %) supera el rango de referencia establecido por la normativa (0.3 -- 1.5 %), por lo que se clasifica como alto. Este resultado indica un humus con elevado potencial fertilizante, especialmente para cultivos que demandan nitrógeno; sin embargo, también sugiere la necesidad de dosificar adecuadamente su aplicación para evitar pérdidas por lixiviación o desequilibrios nutricionales.

El contenido de fósforo disponible (0.95 %) se encuentra dentro del rango normativo (0.1 -- 1.0 %), lo que evidencia una concentración adecuada para el desarrollo radicular y los procesos metabólicos de las plantas. De manera similar, el potasio disponible (1.02 %) se ubica ligeramente por encima del valor máximo de referencia (1.0 %), clasificándose como ligeramente alto, lo cual incrementa el valor agronómico del humus, especialmente en cultivos con alta demanda de este nutriente.

La materia orgánica, con un valor de 38.01 %, supera ampliamente el mínimo establecido por la normativa (≥ 20 %), lo que confirma una alta calidad del humus y su capacidad para mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de humedad y estimular la actividad microbiana.

El contenido de carbono (21.45 %), así como los niveles de calcio (1.08 %) y magnesio (0.6 %), aunque no presentan valores de referencia específicos en la NTP 201.208:2021, se consideran aceptables, al encontrarse dentro de rangos comúnmente reportados para humus de lombriz estabilizado. En particular, el magnesio se ubica dentro del rango recomendado (0.2 -- 0.7 %), lo que contribuye al equilibrio nutricional del abono.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el humus de lombriz producido presenta una calidad físico-química adecuada a alta, cumpliendo con los requisitos normativos y evidenciando su viabilidad como fertilizante orgánico para uso agrícola. Estos resultados respaldan la efectividad del proceso de vermicompostaje aplicado a los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación con los antecedentes internacionales, Cabrera (2023) reportó un rendimiento de 52.72 %, valor considerablemente superior al obtenido en la presente investigación. Esta diferencia puede atribuirse a que el estudio de Cabrera se desarrolló bajo condiciones controladas institucionales, con un proceso previo de pre-compostaje prolongado (84 días) y un volumen mucho mayor de residuos, lo que favorece una mayor estabilización del material antes de la acción de las lombrices. En contraste, en el Mercado Cerro Colorado los residuos presentan una mayor variabilidad en su composición y manejo, lo que explica un rendimiento menor pero aún dentro del rango aceptable para procesos de vermicompostaje en contextos urbanos abiertos.

De manera similar, Plazas y Carolina (2020) obtuvieron volúmenes elevados de humus en un periodo prolongado de ocho a doce meses, lo cual contradice parcialmente los resultados del presente estudio, donde se logró un rendimiento medio en un tiempo menor y con una cantidad inicial de residuos más limitada. Esta diferencia evidencia que el tiempo de procesamiento y la escala del sistema influyen significativamente en la cantidad final de humus producido.

Respecto a los antecedentes nacionales, Del Castillo (2021) reportó una producción acumulada de 1 410 kg de humus, con valores de materia orgánica (33.61 %) y nitrógeno

total (1.96 %) similares a los encontrados en esta investigación (38.01 % de MO y 1.9 % de N). Sin embargo, su estudio se desarrolló a partir de residuos municipales previamente compostados, lo que difiere del presente trabajo, donde se emplearon residuos frescos de mercado, generando un proceso más corto pero con mayor variabilidad inicial. Esta diferencia metodológica explica las variaciones observadas en el rendimiento y en algunos nutrientes como fósforo y potasio.

En el estudio de Aranda (2020), se evidencia la viabilidad técnica del vermicompostaje a gran escala, con volúmenes anuales significativamente mayores, lo que contrasta con la escala experimental del presente estudio. No obstante, ambos coinciden en señalar que el proceso no requiere altos costos y resulta ambientalmente viable, reforzando la aplicabilidad del vermicompostaje en diferentes contextos.

Por otro lado, Sánchez (2023) reportó valores de conductividad eléctrica (3.42 dS/m) y materia orgánica (45 %) comparables a los obtenidos en esta investigación (3.54 mS/cm y 38.01 %, respectivamente). Sin embargo, su estudio concluye que menores cantidades de lombrices producen humus de mayor calidad, mientras que en el presente estudio no se evaluó la densidad óptima de lombrices, lo que representa una limitación metodológica y una posible explicación de las diferencias observadas en algunos parámetros.

En cuanto a los antecedentes locales, Villar (2020), realizado en la ciudad de Juliaca, reportó diferencias significativas en la calidad del humus según el tipo de sustrato (frutas, verduras y comercial). En contraste, la presente investigación trabajó con una mezcla de residuos del mercado, lo que explica la obtención de valores promedio de nutrientes y una menor diferenciación entre componentes, evidenciando que la homogeneización del sustrato influye directamente en la composición final del humus.

Asimismo, Huapaya (2024) señala que el control estricto de la humedad durante el proceso elimina diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en el presente estudio la humedad inicial fue favorable (66–74 %) pero dependiente del residuo recolectado, lo que refleja una condición realista de mercado, menos controlada, pero más representativa del contexto urbano de Juliaca.

En síntesis, aunque el rendimiento obtenido (31.00 %) es inferior al reportado en algunos antecedentes, los resultados del presente estudio son coherentes con un sistema de vermicompostaje aplicado a residuos frescos de mercado, sin pre tratamientos extensivos ni control industrial. Las contradicciones identificadas no invalidan los resultados, sino que evidencian que la escala, el tipo de residuo, el tiempo de proceso y el manejo técnico influyen directamente en el rendimiento y la calidad del humus. Por tanto, los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica y ambiental del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado para la producción de humus de lombriz en la ciudad de Juliaca.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado no permite obtener humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, 2025.

H_a: El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado permite obtener humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, 2025.

Los resultados de la Tabla 02 indica que, a partir de 110 kg de residuos sólidos orgánicos frescos, se obtuvo un total de 34.1 kg de humus seco, alcanzando un rendimiento del 31.00 %, lo cual demuestra una transformación eficiente de los residuos orgánicos en condiciones reales de manejo de residuos de mercado, sin pre tratamientos extensivos.

Por otro lado en la Figura 07 muestra que la humedad inicial de las muestras osciló entre 66 % y 74 %, rango óptimo para el desarrollo y actividad biológica de la lombriz *Eisenia foetida*. Estas condiciones iniciales favorecieron la adecuada degradación de la materia orgánica.

Asimismo, la Tabla 03 evidencia que el humus producido presenta características físico-químicas favorables para su uso como abono orgánico, cumpliendo con los valores de referencia establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021. Destacan el pH adecuado (7.9), el alto contenido de materia orgánica (38.01 %) y nitrógeno total (1.9

%), así como niveles apropiados de fósforo, potasio, calcio y magnesio, lo que confirma la calidad del humus obtenido.

En conclusión, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y **aceptar la hipótesis alterna (H_a)**, confirmando que el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado sí permite obtener humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, durante el año 2025.

4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado no presentan una composición mayoritariamente de frutas y verduras, ni una humedad inicial dentro del rango óptimo, ni un peso fresco variable.

H_a : Los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición mayoritariamente de frutas y verduras, con una humedad inicial dentro del rango óptimo y un peso fresco variable.

Según los resultados obtenidos, los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición predominante de frutas (60.24 %) y verduras (26.56 %), tal como se evidencia en la Figura 06, lo que representa más del 86 % del total de los residuos orgánicos recolectados. Esta composición confirma la mayor presencia de material vegetal, cumpliendo con la primera parte de la hipótesis alterna.

En relación con la humedad inicial, la Figura 07 muestra que los valores de las muestras M1 a M7 oscilaron entre 66 % y 74 %, lo que se encuentra dentro del rango óptimo recomendado para el proceso de vermicompostaje. Esta observación confirma la segunda parte de la hipótesis alterna respecto a la humedad favorable para la actividad de la lombriz *Eisenia foetida*.

Finalmente, respecto al peso fresco de los residuos, los datos de la Figura 07 evidencian variabilidad diaria de las muestras, con pesos que van desde 13 kg hasta 20 kg, lo que demuestra la fluctuación natural en la generación de residuos sólidos orgánicos durante la semana y respalda la tercera parte de la hipótesis.

En conclusión, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y **aceptar la hipótesis alterna (H_a)**, confirmando que los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición mayoritariamente de frutas y verduras, con una humedad inicial dentro del rango óptimo y un peso fresco variable.

4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : La lombriz *Eisenia foetida* no produce un rendimiento significativo de humus a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado.

H_a : La lombriz *Eisenia foetida* produce un rendimiento significativo de humus a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la Tabla 02 muestra que, a partir de 110 kg de residuos sólidos orgánicos frescos, la lombriz *Eisenia foetida* permitió producir 34.1 kg de humus seco, alcanzando un rendimiento del 31.00 %. Este valor se clasifica como rendimiento medio, indicando que la lombriz transformó eficientemente la materia orgánica en condiciones reales de manejo de residuos del mercado, sin necesidad de pretratamientos extensivos.

El proceso de vermicompostaje se realizó utilizando siete muestras diarias (M1 a M7) con humedad inicial óptima (66 % a 74 %), como se observa en la Figura 07, lo que garantiza condiciones adecuadas para la actividad biológica de la lombriz y favoreció la producción del humus.

Estos resultados muestran que la lombriz *Eisenia foetida* sí logra un rendimiento significativo en la conversión de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado en humus seco, evidenciando la viabilidad de su uso en la gestión de residuos y producción de abono orgánico.

En conclusión, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y **aceptar la hipótesis alterna (H_a)**, confirmando que la lombriz *Eisenia foetida* produce un rendimiento significativo de humus a partir de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado.

4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: El humus obtenido no presenta características de calidad favorables (físicas, químicas y biológicas) para su uso como mejorador de suelos.

H_a: El humus obtenido presenta características de calidad favorables (físicas, químicas y biológicas) para su uso como mejorador de suelos.

Los resultados obtenidos evidencian que el humus producido a partir de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado cumple con parámetros físico-químicos adecuados para su aplicación como abono orgánico. Según la Tabla 03, el humus presentó un pH de 7.9, contenido de materia orgánica del 38.01 %, nitrógeno total de 1.9 %, así como niveles apropiados de fósforo disponible (0.95 %), potasio disponible (1.02 %), calcio (1.08 %) y magnesio (0.6 %). Estos valores cumplen o superan los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, indicando que el producto final posee propiedades químicas favorables.

Además, la Figura 06 y la Figura 07 muestran que los residuos iniciales contaban con composición y humedad adecuadas, lo cual contribuyó a obtener un humus homogéneo, estable y de calidad uniforme. La observación de estos resultados confirma que el humus es un abono con características físicas y químicas apropiadas para mejorar la fertilidad del suelo y promover la actividad biológica en cultivos agrícolas.

En conclusión, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H₀) y **aceptar la hipótesis alterna (H_a)**, confirmando que el humus obtenido presenta características de calidad favorables (físicas, químicas y biológicas) para su uso como mejorador de suelos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El aprovechamiento ambiental de los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado es viable, ya que permiten la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la ciudad de Juliaca, durante el año 2025. El proceso de vermicompostaje aplicado contribuyó a la reducción del volumen de residuos orgánicos y a la obtención de un abono orgánico con valor agronómico, demostrando su aplicabilidad como alternativa de gestión ambiental sostenible.

SEGUNDA: Los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición mayoritariamente vegetal, conformada principalmente por frutas (60.24 %) y verduras (26.56 %), así como una humedad inicial comprendida entre 66 % y 74 %, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para el proceso de vermicompostaje.

TERCERA: La lombriz *Eisenia foetida* permitió obtener un rendimiento de producción de humus del 31.00 %, a partir de 110 kg de residuos sólidos orgánicos frescos, produciendo 34.1 kg de humus seco. Este rendimiento se clasifica como medio, evidenciando una eficiente transformación de la materia orgánica, en condiciones reales de manejo de residuos de mercado, sin pretratamientos.

CUARTA: El humus de lombriz obtenido presenta características físico-químicas favorables para su uso como abono orgánico, cumpliendo con los valores de referencia establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021. Destacan el alto contenido de materia orgánica (38.01 %) y nitrógeno total (1.9 %), un pH adecuado (7.9) y niveles apropiados de fósforo, potasio, calcio y magnesio, lo que confirma su potencial como mejorador de suelos agrícolas.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a la Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca y a la administración del Mercado Cerro Colorado promover e implementar programas permanentes de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante vermicompostaje, como una alternativa sostenible de gestión ambiental que permita reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final y generar abonos orgánicos de valor agronómico.

SEGUNDA: A la administración del mercado y a los comerciantes fortalecer las prácticas de segregación en la fuente, especialmente de residuos de frutas y verduras, a fin de mantener una composición mayoritariamente vegetal y una humedad adecuada que optimice el proceso de vermicompostaje y mejore la eficiencia de producción del humus.

TERCERA: A los responsables de la gestión del proceso de lombricultura optimizar el control de variables operativas, como la frecuencia de volteo, el manejo de la humedad y la carga de residuos, con el objetivo de incrementar el rendimiento de producción de humus, manteniendo condiciones reales de manejo de residuos de mercado y sin necesidad de pre tratamientos complejos.

CUARTA: A los productores agrícolas, asociaciones de agricultores y entidades locales del sector agrario promover el uso del humus de lombriz obtenido como abono orgánico y mejorador de suelos, considerando sus adecuadas características físico-químicas y su cumplimiento con la Norma Técnica Peruana NTP 201.208:2021, contribuyendo así a una agricultura más sostenible y ambientalmente responsable.

BIBLIOGRAFÍA

- Aranda Bocanegra, L. (2020). *Propuesta de producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) con los residuos orgánicos generados en el Cuartel Fuerte General División Rafael Hoyos Rubio*.
<http://repositorio.iestpffaa.edu.pe/handle/UESTPFFAA/52>
- Aredo, J. C. V., Astonitas, R. P., & Coico, G. R. V. (2022). Manejo de Residuos sólidos y Desarrollo sostenible: DOI. 10.54798/CQEW2405. *Revista Científica Emprendimiento Científico Tecnológico*, 3, 9-9.
<https://revista.ectperu.org.pe/index.php/ect/article/view/101>
- Banco Mundial. (2018). *Los desechos: Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. World Bank.
<https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-was-te-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Barrena Gómez, R. (2007). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat Autònoma de Barcelona].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=5801>
- Bustíos, C., Martina, M., & Arroyo, R. (2013). Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17(1), 1-9.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203128542001>
- Cabrera Rivas, A. (2023). *Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*.
<https://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3461>
- Canales-Gutiérrez, A., Mestas-Gutierrez, N. I., & Chambi-Alarcon, M. S. (2021). Crecimiento y producción de cocones de la Eisenia foetida (lombriz roja) en cuatro sustratos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), e19843. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19843>

- Chumacero Munive, C. R. (2023). *Eficiencia del humus líquido de lombriz californiana (Eisenia foetida) como fertilizante foliar aplicado al frijol comercial (Phaseolus vulgaris) var. Canario Junín, 2022.*
- Cortez, A. C. C., & Gallegos, F. X. T. (2021). Obtención de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la elaboración y mejoramiento del valor proteico de un pan artesana. *Revista Científica ARISTAS*, 3(2), 1-26. <https://www.revistacientificaistjba.edu.ec/ojs1/index.php/ra/article/view/31?articlesBySimilarityPage=2>
- Daroca Capell, T. (2014). *Dimensión y características de los factores que inciden en la contaminación ambiental por residuos sólidos.*
- Del Castillo Gonzales, R. (2021). *Elaboración de humus de lombriz (Eisenia foetida) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales en el Distrito de San Roque de cumbaza Región San Martín.*
- Gómez, R. B., Lima, F. V., & Ferrer, A. S. (2006). The use of respiration indices in the composting process: A review. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 24(1), 37-47. <https://doi.org/10.1177/0734242X06062385>
- Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: Una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(3), 547-556. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-4634201400300021&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Guzmán Farfán, L. C., Guerra Soto, H. E., Arbulú Zuazo, A. A., Castro Sánchez, M. B., Ubillús Albán, F. D. R., & Cruz Alcedo, G. E. (2024). Evaluación de un abono orgánico (humus) preparado a base de materias primas de Piura comparado

- con algunos abonos orgánicos comerciales. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*, 3(2), e009. <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e009>
- Herrera-Mendoza, K. (2021). *La Crisis Medioambiental: Una mirada desde la Psicología*. Corporación Universidad de la Costa. <https://hdl.handle.net/11323/8526>
- Huapaya Cruz, Y. 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), 24-35. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.577>
- Llivicura, M. F. A. (2023). Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *Journal of Science and Research*, 8(4), 74-84. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2948>
- Loza Murguía, M., Choque Mamani, B., Pillco Tancara, H., Huayta Tintaya, D., Chambi Osorio, I., & Cutili Palero, B. (2010). Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(4), 555-565. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-0934201000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Matiz, A. (2009). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante procesos microbiológicos en Puerto Inírida—Guainía*. <https://docplayer.es/15608346-Aprovechamiento-de-residuos-solidos-organicos-mediante-procesos-microbiologicos-en-puerto-inirida-guainia.html>
- Mestas Gutierrez, N. I. (2023). *Crecimiento y reproducción de la Eisenia foetida (lombriz roja) aplicando diferentes sustratos orgánicos, en condiciones de invernadero y elevada altitud a 3810 msnm*
- MINAM. (2022). *Estudios de caracterización Municipalidades 2019 y SIGERSOL 2022*.
- OMS. (2024). *Desechos de la atención de salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>

- 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>
- Plazas, G., & Carolina, D. (2020). *Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)*.
<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/38719>
- Reyes, D. M., Pérez, D. M., López, M. S. D., Arteaga, Y. R., & Díaz, R. I. (2022). Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Revista ECOVIDA*, 12(3), 257-266.
<https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/262>
- Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A., & Parra, C. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Información Tecnológica*, 34(2), 11-20.
<https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011>
- Romero Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., Tobar Reyes, J. R., Romero Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Tobar Reyes, J. R. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 45(4), 68-74.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sánchez Achic, L. P. (2023). Determinación de la cantidad óptima de lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) para la mejora de la calidad de humus, como parte de la gestión de residuos sólidos orgánicos, Huaraz, 2019. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1229192>

- Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. P. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 2004, vol. 15, no. 2, p. 65-69. <http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/49088>
- Tolentino Santos, E. M. (2025). Producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos Municipales en el distrito de Yanahuanca Provincia de Daniel Alcides Carrión – 2023. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5513>
- UNEP. (2025). *UNEP - UN Environment Programme*. <https://www.unep.org/node>
- Villar Mamani, L. O. (2020). *Calidad De Lombriz Compost (Humus) De Diferentes Sustratos Con Intervención De La Lombriz Californiana (Eisenia Foetida)*, Juliaca 2018.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia: APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CERRO COLORADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ (*EISENIA FOETIDA*) EN JULIACA, 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>GENERAL</p> <p>¿Cómo contribuye el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado a la producción de humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en la ciudad de Juliaca, 2025?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Evaluar el aprovechamiento ambiental de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado para la producción de humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en la ciudad de Juliaca, 2025.</p>	<p>GENERAL</p> <p>El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado permite obtener humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en la ciudad de Juliaca, 2025.</p>	<p>Variable independiente: Residuos sólidos orgánicos</p>	<p>Composición</p> <p>Humedad color</p> <p>Peso inicial</p> <p>Rendimiento de producción de humus.</p> <p>Calidad físico-química del humus</p>	<p>Termómetro</p> <p>Medidor de pH</p> <p>Materiales de compostaje.</p>	<p>Tipo:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Diseño:</p> <p>Pre - experimental.</p> <p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Población:</p> <p>Residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Cerro Colorado</p> <p>Muestra</p> <p>110 Kilos</p> <p>Estadística descriptiva:</p> <p>Los datos se agruparán en niveles de acuerdo a los rangos establecidos, los resultados se presentarán en tablas</p>
<p>ESPECÍFICO</p>	<p>ESPECÍFICO</p>	<p>ESPECÍFICAS</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>: Humus de lombriz</p>			

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>¿Cuáles son las características de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado en términos de composición porcentual, humedad inicial y peso?</p> <p>¿Cuál es el rendimiento de producción de humus obtenido mediante la lombriz <i>Eisenia foetida</i> a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado?</p> <p>¿Qué características de calidad presenta el humus de lombriz producido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado de Juliaca ?</p>	<p>Caracterizar los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado según su composición porcentual, humedad inicial y peso.</p> <p>Determinar el rendimiento de producción de humus de lombriz <i>Eisenia foetida</i> a partir de dichos residuos.</p> <p>Determinar la calidad del humus obtenido en función de parámetros fisico-químicos y su potencial uso como abono orgánico.</p>	<p>Los residuos sólidos orgánicos del Mercado Cerro Colorado presentan una composición mayoritariamente de frutas y verduras, con una humedad inicial dentro del rango óptimo y un peso fresco variable.</p> <p>La lombriz <i>Eisenia foetida</i> produce un rendimiento significativo de humus a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado Cerro Colorado.</p> <p>El humus obtenido presenta características de calidad favorables (físicas, químicas y biológicas) para su uso como mejorador de suelos.</p>				<p>de frecuencias y gráficos estadísticos.</p>

Anexo 02: Datos de la caracterización de los residuos sólidos orgánicos.

Dia	Muestra	Peso fresco (kg)		Frutas		Verduras (kg)		Otros		Humedad inicial (%)
		%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	
Lunes 22/09	M1	62.00	14.00	8.68	8.68	25.00	3.50	13.00	1.82	68.00
Martes 23/09	M2	58.00	18.00	10.44	10.44	30.00	5.40	12.00	2.16	72.00
Miércoles 24/09	M3	65.00	13.00	8.45	8.45	20.00	2.60	15.00	1.95	70.00
Jueves 25/09	M4	54.00	20.00	10.80	10.80	32.00	6.40	14.00	2.80	66.00
Viernes 26/09	M5	61.00	15.00	9.15	9.15	27.00	4.05	12.00	1.80	74.00
Sábado 27/09	M6	59.00	17.00	10.03	10.03	29.00	4.93	12.00	2.04	69.00
Domingo 28/09	M7	67.00	13.00	8.71	8.71	18.00	2.34	15.00	1.95	71.00
Total			110.00	66.26	66.26		29.22		14.52	
% Promedio		60.24%		60.24%		26.56%		13.20%		70

Anexo 03: Análisis de Laboratorio.



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

INFORME DE ENSAYO 0344/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

PROCEDENCIA : Jr. Almagro 365 (Mercado Cerro Colorado) – Juliaca.
INTERESADO : JOHAN YOBANNI GONZALES IDME.
MOTIVO : Análisis Físico – Químico, Humus de Lombriz.
FECHA DE MUESTREO : 22/12/2025. (Por el Interesado).
FECHA DE ANALISIS : 23/12/2025.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:

DETERMINACIONES	UNIDAD	
pH	---	7.90
C.E.	mS/cm.	3.54
Nitrógeno Total (% de N)	%	1.90
Fósforo Total (% de P ₂ O ₅)	%	0.95
Potasio Total (Como % K ₂ O)	%	1.02
Materia Orgánica (M.O.)	%	38.01
Carbono Orgánico (C.O.)	%	21.45
Calcio (Ca)	%	1.08
Magnesio (Mg)	%	0.60

NOTA: La muestra se recepcionó en el laboratorio.



Benito Fernández Callopanaza
RUC: 20612800741
GERENTE



Salomón Justo Morales Yacta
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pέργola - Puno
Cel. 973298546 – 983003185

Anexo 04: NTP 201.208:2021

Parámetro	Unidad	Valor de referencia según NTP 201.208:2021
pH	-	6.0 – 8.5
Humedad	%	35 - 50
Relación C/N	-	≤ 20
Materia orgánica	%	≥ 20
Nitrógeno total (N)	%	0.3 - 1.5
Fósforo disponible (P ₂ O ₅)	%	0.1 - 1.0
Potasio disponible (K ₂ O)	%	0.3 - 1.0
Magnesio (Mg)	%	0.2 - 0.7
Metales pesados	mg/kg	Límites específicos para Pb, Cd, Cr, Hg, etc.
Coliformes fecales (opcional)	NMP/g	≤ 1000 NMP/g

Anexo 05: Galería fotográfica.



Figura 08: Vista panorámica del Mercado "Cerro Colorado" de la ciudad de Juliaca.



Figura 09: Solicitando permiso a los socios del mercado para la recolección de residuos orgánicos.



Figura 10: Clasificación de los residuos orgánicos para su caracterización.



Figura 11: Triturado y homogeneización de los residuos orgánicos.



Figura 12: Preparando los materiales para su mezcla proporcional.



Figura 13: Depositando las lombrices en una unidad lombricera.



Figura 14: En reposo inicial del pre-compostaje



Figura 15: Humus estabilizado obtenido.