

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Gestion de residuos solidos organicos generados en la asociacion mercado
Metropolitano de Productores y Mayoristas Andres Avelino Cáceres para la
produccion de compost en el distrito de Jose Luis Bustamante y Rivero
Arequipa 2024**

Tesis presentada por el Bachiller:

Ore Puma, Bryan Gean Franco

ORCID: 0009-0002-9043-1412

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor:

Mg. Medina Ramos, Robert Joaquin

ORCID: 0000-0001-5504-0446

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 02 de Noviembre del 2025

Dictamen: 013691-C-EPIA-2025

Visto el borrador del expediente 013691, presentado por:

2016240221 - ORE PUMA BRYAN GEAN FRANCO

Titulado:

**GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS GENERADOS EN LA ASOCIACION MERCADO METROPOLITANO DE PRODUCTORES Y MAYORISTAS ANDRES AVELINO CACERES PARA LA PRODUCCION DE COMPOST EN EL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMENTE Y RIVERO AREQUIPA
2024**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO AMBIENTAL

**29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**29519918 - BEJARANO MEZA MARIA ELIZABETH
DICTAMINADOR**



**43238145 - BENEGAS LLANOS ROSARIO CAROLINA
DICTAMINADOR**



GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS GENERADOS EN LA ASOCIACION MERCADO METROPOLITANO DE PRODUCTORES Y MAYORISTAS ANDRES AVELINO CACERES PARA LA PRODUCCION DE COMPOST EN EL DISTRITO DE JOSE LUIS BUST

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Politécnica del Perú Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
5	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

La presente tesis la dedico a Dios, por ser mi guía y fortaleza en los momentos más difíciles, por brindarme sabiduría, paciencia y esperanza para culminar esta meta.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la humildad y la perseverancia.

A mi hermana, por su cariño y apoyo que siempre me impulsaron a seguir adelante. Y a mi familia, por ser mi motivación constante para continuar luchando por mis sueños y alcanzar mis metas.

Bryan Ore Puma

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar la gestión de los residuos sólidos orgánicos generados en la Asociación Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres, con el fin de proponer un modelo de valorización sostenible mediante compostaje. Se desarrolló un diagnóstico exhaustivo que permitió determinar que el mercado genera en promedio 28,500 kilogramos de residuos diarios, de los cuales aproximadamente el 75 % corresponde a fracciones orgánicas, principalmente restos de frutas, verduras y alimentos perecibles. Estos resultados confirmaron el potencial de aprovechamiento de dichos residuos.

Asimismo, se aplicaron las etapas de la gestión integral de residuos sólidos orgánicos, comprendiendo la generación, segregación, almacenamiento temporal, recolección selectiva, tratamiento, aprovechamiento, disposición final, educación ambiental y monitoreo. Como propuesta de valorización, se diseñó un plan piloto de compostaje a desarrollarse en un terreno municipal cercano al mercado, cuya viabilidad fue confirmada mediante un estudio preliminar de suelos, meteorología, hidrología y geología, que mostró condiciones favorables para la implementación.

El modelo de compostaje propuesto incluye las fases de recepción de residuos, conformación de pilas, control de parámetros físicos y químicos, y obtención de compost maduro como abono agrícola, reduciendo el volumen de residuos destinados a disposición final y promoviendo la economía circular en el distrito. En conclusión, la investigación cumplió con los objetivos planteados al diagnosticar la situación actual y plantear una alternativa técnica y ambientalmente viable que contribuye a la sostenibilidad urbana.

Palabras clave: gestión ambiental, residuos sólidos orgánicos, compostaje.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the management of organic solid waste generated in the Asociación Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres, located in the district of José Luis Bustamante y Rivero, in order to propose a sustainable valorization model through composting. A comprehensive diagnosis revealed that the market generates an average of 28,500 kilograms of waste per day, of which approximately 75% corresponds to organic fractions, mainly fruit, vegetable, and perishable food residues. These results confirmed the potential for waste recovery.

The study applied the stages of integrated organic solid waste management, which include generation, segregation, temporary storage, selective collection, treatment, valorization, final disposal, environmental education, and monitoring. As a valorization proposal, a pilot composting plan was designed to be implemented on municipal land adjacent to the market. Its feasibility was supported by a preliminary study of soils, meteorology, hydrology, and geology, which demonstrated favorable conditions for the project.

The proposed composting model involves the reception of waste, pile formation, monitoring of physical and chemical parameters, and the production of mature compost as agricultural fertilizer. This process contributes to reducing the amount of waste sent to final disposal while fostering a circular economy in the district. In conclusion, the research fulfilled the proposed objectives by diagnosing the current situation and presenting a technically and environmentally viable alternative that strengthens urban sustainability.

Keywords: environmental management, organic solid waste, composting.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Problemática de la investigación..... 4

1.2. Objetivos 8

1.2.1. Objetivo general..... 8

1.2.2. Objetivos específicos..... 8

1.3. Justificación de la investigación 9

1.3.1. Justificación Ambiental..... 9

1.3.2. Justificación Social..... 9

1.3.3. Justificación Económica 10

1.3.4. Justificación Tecnológica..... 11

1.3.5. Justificación Política..... 11

1.4. Exposición de las variables 12

1.4.1. Variable independiente 12

1.4.2. Variable dependiente..... 12

1.5. Hipótesis 14

1.5.1. Hipótesis general: 14

1.5.2. Hipótesis específicas: 14

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO 15

2.1. Antecedentes de la investigación..... 16

2.2. Marco teórico..... 25

2.2.1. Definiciones según la normativa peruana vigente 25

2.2.2. Residuos Sólidos.....	28
2.2.3. Residuos Sólidos Orgánicos.....	29
2.2.4. Impacto ambiental por residuos sólidos	29
2.2.5. Gestión Integral de Residuos Sólidos	29
2.2.6. Importancia del correcto manejo de residuos sólidos	30
2.2.7. Gestión de residuos sólidos en mercados de abastos	30
2.2.8. Gestión de los residuos sólidos en los mercados de abastos del Perú.....	31
2.2.9. Caracterización de residuos sólidos	34
2.2.10. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.....	35
2.2.11. Compostaje.....	35
2.2.12. Parámetros del Proceso:.....	37
2.2.13. Residuos orgánicos como materia prima para la producción de abono.....	41
2.2.14. Tecnologías de tratamiento para la valorizar lo residuos orgánicos	41
2.2.15. Instrumentos para la evaluación de la Gestión de Residuos Sólidos	43
2.3. Marco legal.....	44
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	47
3.1.1. Tipo de investigación:.....	47
3.1.2. Nivel de investigación:.....	47
3.1.3. Diseño de investigación:.....	47
3.2. Campo de verificación:	48
3.2.1. Ubicación espacial.....	48
3.3. Población muestras y muestreo.....	49
3.3.1. Población.....	49
3.3.2. Muestra	49
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	50

3.4.1. Técnicas	50
3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos	51
3.5. Validación de los instrumentos de recolección de datos.....	52
3.5.1. Validación de contenido:.....	52
3.5.2. Confiabilidad del instrumento:.....	53
3.5.3. Revisión técnica y ajustes:.....	53
3.6. Metodología.....	53
3.6.1. Etapas de la gestión integral de residuos sólidos orgánicos	53
3.6.2. Metodología para la producción de compost en José Luis Bustamante y Rivero	54
3.6.3. Reacciones químicas principales en el compostaje	56
3.6.4. Diagnóstico del manejo de los residuos solidos.....	57
3.6.5. Caracterización y generación diaria de residuos sólidos del mercado	60
3.6.6. Medir la diferencia significativa del impacto ambiental bajo la propuesta de gestión de los residuos sólidos orgánicos	63
3.6.7. Proponer un Plan de Manejo Integral Sostenible	66
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1. Diagnóstico de los residuos orgánicos en el mercado.....	71
4.2. Generación diaria estimada de residuos	71
4.3. Lugar de elaboración del compost	72
4.4. Características del lugar para el compostaje.....	72
4.4.1. Estudio de suelos	72
4.4.2. Meteorología.....	72
4.4.3. Hidrología.....	73
4.4.4. Geología.....	73
4.4.5. Ubicación geográfica.....	73
4.4.6. Ubicación Geográfica.....	74

4.4.7.	Descripción del centro de abastos:	75
4.4.8.	Grado de conocimientos sobre la gestión de residuos solidos	77
4.4.9.	Desarrollo de cuestionario para operarios administrativos y autoridades de la municipalidad José Luis Bustamante y Rivero	86
4.4.10.	Métodos de recolección y almacenamiento	99
4.4.11.	Infraestructura y equipamiento disponible	100
4.4.12.	Cobertura de Infraestructura y Equipamiento.....	101
4.4.13.	Recursos humanos asignados	102
4.4.14.	Servicio de recolección según método	102
4.4.15.	Gestión Institucional y Operativa.....	103
4.4.16.	Eficiencia del Servicio de Recolección.....	104
4.5.	Diagnóstico del impacto ambiental	104
4.5.1.	Mediciones Ambientales y Restauración	104
4.5.2.	Uso del espacio en vertederos.....	106
4.5.3.	Análisis espacial mediante SIG.....	107
4.5.4.	Política de Gestión e Impacto.....	108
4.5.5.	Programas de sensibilización ambiental	109
4.6.	Caracterización y generación diaria de residuos sólidos del mercado.....	109
4.6.1.	Caracterización de los residuos solidos.....	109
4.6.2.	Generación de residuos solidos	110
4.6.3.	Clasificación de los residuos (orgánicos e inorgánicos).....	111
4.6.4.	Cálculos realizados.....	111
4.6.5.	Prácticas de Segregación	113
4.6.6.	Indicadores de Valorización de Residuos para Compost.....	114
4.6.7.	Tratamiento y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos.....	114
4.6.8.	Planes de gestión de residuos e Implementación de Compostaje para la Reducción de Residuos Orgánicos en el Mercado.....	115

4.6.9. Análisis Integrado de los Resultados	116
4.7. Medición de la diferencia significativa del impacto ambiental bajo la propuesta de gestión de los residuos sólidos orgánicos	117
4.7.1. Comparación de emisiones generadas antes y después de la propuesta	117
4.7.2. Análisis comparativo estadístico.....	118
4.7.3. Diseño experimental del propuesto:.....	123
4.8. Resultados según los objetivos general y específicos.....	140
4.8.1. Objetivo Específico 1	140
4.8.2. Objetivo Específico 2	148
4.8.3. Objetivo Específico 4	153
4.9. Consideraciones previas a la propuesta operativa de valorización de residuos orgánicos mediante compostaje	156
4.9.1. Etapas operativas del plan:.....	157
4.9.2. Flujograma del proceso de valorización:	158
4.10. Propuesta de Plan de Valorización de residuos sólidos orgánicos	160
4.11. Discusión de Resultados.....	170
4.12. Comprobación de Hipótesis.....	173
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	178
5.1. Conclusiones	179
5.2. Recomendaciones	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	182
ANEXOS.....	195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	13
Tabla 2	Vectores y enfermedades generadas por el mal manejo de residuos sólidos	30
Tabla 3	Influencia de la relación C/N sobre la conservación de nitrógeno.....	39
Tabla 4	Contenido en MO biodegradable y lignina y relaciones C/N según el tipo de MO, total o biodegradable	40
Tabla 5	Marco legal, lineamientos y objetivos en temas relacionados a la gestión de residuos sólidos.....	44
Tabla 6	Generación diaria estimada de residuos.....	71
Tabla 7	Ubicación geográfica del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.....	74
Tabla 8	Respuestas de encuesta de la pregunta A	78
Tabla 9	Resultado de encuesta pregunta B	79
Tabla 10	Resultado de encuesta pregunta C	80
Tabla 11	Resultado de encuesta pregunta D	81
Tabla 12	Resultado de la pregunta E.....	82
Tabla 13	Resultado de la pregunta F.....	83
Tabla 14	Resultado de la pregunta G	84
Tabla 15	Resultado de la pregunta H	85
Tabla 16	Resultado de la pregunta I.....	86
Tabla 17	Resultados de la pregunta 1	87
Tabla 18	Resultados de la pregunta 2	88
Tabla 19	Resultados de la pregunta 3	89
Tabla 20	Resultados de la pregunta 4	90
Tabla 21	Resultados de la pregunta 5	91
Tabla 22	Resultados de la pregunta 6	92
Tabla 23	Resultados de la pregunta 7	93
Tabla 24	Resultados de la pregunta 8	94
Tabla 25	Resultados de la pregunta 9	95

Tabla 26	Resultados de la pregunta 10	96
Tabla 27	Resultados de la pregunta 11.....	97
Tabla 28	Resultados de la pregunta 12	98
Tabla 29	Resultados de la pregunta 13	99
Tabla 30	Ubicación georreferenciada del botadero “El cebollar”.....	106
Tabla 31	Porcentaje de Indicadores de calidad Ambiental	114
Tabla 32	Infraestructura existente para gestión de residuos	116
Tabla 33	Producción diaria de compost.....	119
Tabla 34	Diferencia antes y después de la propuesta.....	120
Tabla 35	Comparación antes y después de propuesta de compostaje (proyección anual).121	
Tabla 36	Comparación de la producción de compost	122
Tabla 37	Parámetros de la prueba piloto de compostaje.....	129
Tabla 38	Resultados del análisis de compost producido (muestra de laboratorio)	130
Tabla 39	Medidas diarias de temperatura	132
Tabla 40	Humedad estimada.....	134
Tabla 41	Aplicación de la encuesta por puestos de trabajos.....	141
Tabla 42	Aplicación de Encuestas a personal que labora en la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero.....	141
Tabla 43	Cobertura de infraestructura (Disponibilidad de espacios, contenedores y áreas de disposición temporal).....	142
Tabla 44	Gestión Institucional (Existencia de programas ambientales, capacitación y coordinación con la municipalidad).....	143
Tabla 45	Gestión Operativa (Frecuencia y horario de recolección, segregación y transporte interno de residuos).....	144
Tabla 46	Eficiencia del servicio de recolección (Valoración de comerciantes y autoridades sobre puntualidad, frecuencia y cobertura).....	145
Tabla 47	Mediciones ambientales (Proliferación de vectores, olores, lixiviados, contaminación de suelo y agua)	146
Tabla 48	Indicadores de impacto ambiental (Clasificación de impactos en leves, moderados o severos).....	146

Tabla 49	Generación diaria de residuos sólidos por sección del mercado (Expresado en kilogramos/día según áreas de venta: abarrotes, comidas, carnes, verduras, etc.).....	148
Tabla 50	Composición de los residuos sólidos generados (Porcentaje de orgánicos e inorgánicos).....	149
Tabla 51	Indicadores de composición y proporción de residuos (Densidad, peso volumétrico, humedad y fracción orgánica).....	150
Tabla 52	Nivel de conocimiento sobre gestión de residuos sólidos entre comerciantes (Clasificación: alto, medio, bajo).....	151
Tabla 53	Frecuencia de prácticas de segregación de residuos (Prácticas diarias, ocasionales o inexistentes).....	152
Tabla 54	Comprobación de la Hipótesis General (Incluye líneas de acción, actividades, responsables e indicadores de gestión).....	154
Tabla 55	Programas del Plan.....	169
Tabla 56	Comprobación de Hipótesis Específica 1.....	174
Tabla 57	Comprobación de Hipótesis Específica 2.....	175
Tabla 58	Comprobación de Hipótesis Específica 3.....	176
Tabla 59	Comprobación de Hipótesis Específica 4.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Flujograma del ciclo de vida de la gestión de residuos sólidos generados en mercados de abastos.....	31
Figura 2	Proceso de elaboración del compost	37
Figura 3	Esquema del proceso de compostaje.....	42
Figura 4	Localización del mercado	48
Figura 5	Ubicación de áreas de puestos de ventas	49
Figura 6	Ubicación del botadero a cielo abierto el cebollar.....	64
Figura 7	Ubicación geográfica del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.....	74
Figura 8	Ubicación del centro de abasto	75
Figura 9	Croquis del centro de abastos.....	76
Figura 10	Organigrama del mercado Figura: Organigrama del Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres.....	77
Figura 11	Ubicación geográfica del botadero el Cebollar.....	106
Figura 12	Pasos del Proceso	127
Figura 13	Gráfico de Relación C/N Inicial vs. Final.....	135
Figura 14	Composición del Compost Final.....	139
Figura 15	Flujograma de valorización de residuos orgánicos en el Mercado Metropolitano.....	158
Figura 16	Portada de plan de valorización de Residuos orgánico.....	160
Figura 17	Diagrama de Gantt.....	167

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Guía de Observación aplicada en el mercado	196
Anexo 2	Cuestionario Aplicado para Dueños de Puestos del Mercado.....	198
Anexo 3	Cuestionario Aplicado Para Dueños de Operarios, administrativos y autoridades de la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero.....	200
Anexo 4	Panel Fotográfico	203



INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos constituye uno de los principales desafíos ambientales de las ciudades en crecimiento, especialmente en países en vías de desarrollo, donde la generación de desechos supera la capacidad de los sistemas de recolección y disposición final (ONU-Hábitat, 2020). En el Perú, los mercados de abasto son puntos críticos de acumulación de residuos, debido al elevado volumen de alimentos que comercializan diariamente y al predominio de residuos orgánicos biodegradables (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

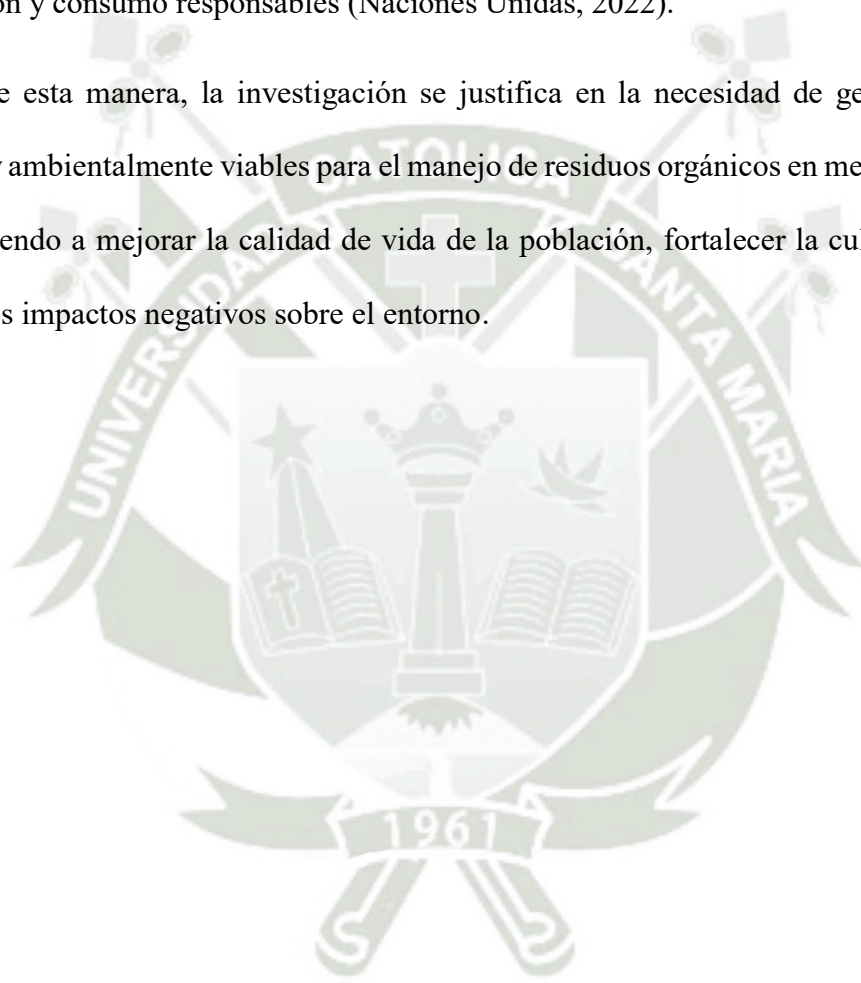
En el caso de Arequipa, la Asociación Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres es uno de los centros de abasto más grandes y dinámicos de la región. Este mercado concentra a cientos de comerciantes y abastece a una parte significativa de la población urbana, generando diariamente toneladas de residuos sólidos, de los cuales una proporción considerable corresponde a restos de frutas, verduras, carnes y alimentos preparados. Sin embargo, gran parte de estos residuos no son aprovechados y terminan siendo transportados a botaderos o rellenos sanitarios, lo que incrementa los problemas de contaminación ambiental, emisión de gases de efecto invernadero y proliferación de vectores sanitarios (Arce & Hallasi, 2019).

Ante esta problemática, la valorización de residuos orgánicos mediante compostaje surge como una alternativa sostenible y de bajo costo, capaz de transformar los desechos biodegradables en abonos orgánicos con valor agronómico (FAO, 2013). Esta práctica no solo contribuye a reducir el volumen de residuos enviados a disposición final, sino que también fomenta la economía circular y promueve la participación ciudadana en la gestión ambiental (Mazuelos, 2021).

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito diagnosticar la situación actual de la gestión de residuos sólidos orgánicos en el Mercado Metropolitano

Andrés Avelino Cáceres y proponer un modelo de compostaje aplicable al distrito de José Luis Bustamante y Rivero. Con ello, se busca aportar a la construcción de un sistema de gestión integral que responda a los lineamientos del Decreto Legislativo N.º 1278 de Gestión Integral de Residuos Sólidos (El Peruano, 2017) y que se articule con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 11 sobre ciudades sostenibles y el ODS 12 sobre producción y consumo responsables (Naciones Unidas, 2022).

De esta manera, la investigación se justifica en la necesidad de generar soluciones técnicas y ambientalmente viables para el manejo de residuos orgánicos en mercados de abasto, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población, fortalecer la cultura ambiental y reducir los impactos negativos sobre el entorno.





CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

La gestión inadecuada de residuos sólidos orgánicos en los mercados de abasto constituye una problemática ambiental y sanitaria relevante para los gobiernos locales. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2023), más del 55 % de los residuos generados en los mercados municipales del país corresponden a materia orgánica biodegradable, de los cuales menos del 10 % se valorizan. En el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, el Informe Técnico de Gestión de Residuos Sólidos Municipales 2023 identifica al Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” como el principal generador de residuos comerciales orgánicos, con un promedio estimado de 28 a 30 toneladas diarias, sin contar los residuos procedentes del comercio ambulatorio.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2023) señala que la disposición final inadecuada de estos residuos principalmente en botaderos informales genera emisiones de metano y lixiviados que contaminan los suelos y aguas subterráneas, además de la proliferación de vectores sanitarios. A ello se suma la falta de segregación en la fuente y de infraestructura para la valorización, lo que impide cerrar el ciclo de aprovechamiento y reincorporar los residuos al sistema productivo bajo el enfoque de economía circular (MINAM, 2022).

Esta situación evidencia la necesidad de implementar estrategias sostenibles, como el compostaje, que permitan transformar los residuos orgánicos del mercado en abonos agrícolas, reduciendo la presión sobre los botaderos y promoviendo la sostenibilidad ambiental local.

Datos recientes indican que se generan anualmente entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de desechos en el mundo, siendo arrojados al aire libre un tercio de ellos y solamente recuperando para reciclaje y compostaje la quinta parte; este mal manejo de los desechos sólidos es la causa de muerte de muchos animales y ocasiona que cada 30 segundos muera una

persona por enfermedades como diarrea, malaria, afecciones cardíacas o cáncer (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

En América Latina la población en su mayor parte es urbana y ello conlleva a generar la acumulación de más residuos sólidos. Según la Organización de las Naciones Unidas “América Latina y el Caribe en el año 2012, generaron 436.000 toneladas de residuos urbanos (0,93 kilogramos per cápita), superior en 60% a 1995 donde se generó 275.000 t/d”. Estos factores, en un entorno de pobreza, generan altos impactos en el ambiente y la salud (Grau, Terraza, Rodríguez, Rihm, & Sturzenegger, 2018).

A nivel nacional La Ley Orgánica de las Municipalidades insta a que cada gobierno local sea responsable del manejo de sus residuos sólidos, fundamentalmente con la finalidad de preservar la salud pública. De acuerdo con el Censo Nacional de Mercados de Abastos del 2016, aproximadamente el 51.1% de los mercados de abastos genera entre 10 y 90 kilogramos diarios de residuos, un 17.3% genera entre 100 y 499 kilogramos al día, el 8.7% media 7 toneladas a nivel general, mientras que un 14.4% desconoce la cantidad de residuos generados diariamente (Díaz H, 2017).

En el distrito de José, Luis, Bustamante y Rivero, ubicado en la ciudad de Arequipa, se enfrenta un desafío significativo en la gestión de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Avelino. Este mercado, siendo uno de los principales puntos comerciales de la zona, produce una cantidad considerable de residuos orgánicos diariamente, los cuales incluyen restos de frutas, verduras, cáscaras, y otros desechos biodegradables.

Alrededor de 13 mil comerciantes de la plataforma Andrés Avelino Cáceres, que generan alrededor de 48 toneladas de basura diario, también se estima que, en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, sus habitantes generan 110 toneladas de basura, el 40 % de los desperdicios salen de la plataforma del Avelino. Según Patricia Bedoya, gerenta de Servicios a

la Ciudad del distrito bustamantino, plataforma comercial no hay cultura del buen ciudadano, e indica que los negocios y los mismos pobladores incumplen en echar los residuos en lugares adecuados (Redacción Diario Viral, 2023).

También se pone en evidencia que lo relacionado a la contaminación por residuos sólidos en el mercado es la informalidad, ya que los comerciantes afirman que quienes más ensucian son los ambulantes, también se encuentra que el complejo comercial arrastra una larga lista de problemas de gestión de residuos como la falta de espacios para la disposición de basura, y dificultades como el comercio ambulatorio, inseguridad ciudadana (Semanao El Buho, 2023).

La presente problemática ha afectado no solo a la calidad ambiental de este espacio de comercio importante, o a la salud de los comerciantes y consumidores, si no también económicamente a ciertos establecimientos como la clausura del “Mercado para todos”, ubicado en la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres, a inicios de año por no cumplir con las normas sanitarias para el almacenamiento; donde la municipalidad identifico también que no contaban con centro de acopio de residuos sólidos (Redacción Yaraví, 2024).

Actualmente el manejo de los residuos sólidos generados en el mercado es cuestión de la municipalidad distrital, que realiza limpiezas integrales en donde el personal de limpieza del distrito acopia alrededor de 20 toneladas de residuos orgánicos e inorgánicos, donde identificaron también zonas críticas, si bien estas son acciones institucionales correspondientes a la municipalidad, los mismos comerciantes del mercado no están comprometidos con aplicar acciones que mantengan una óptima gestión de los residuos sólidos, menos realizan una segregación o aprovechamiento de estos (Diario Viral, 2023).

El manejo de Residuos Sólidos en el Perú se encuentra en un estado de mejora, debido a las nuevas políticas ambientales asumidas por nuestro gobierno, tanto en el ámbito regional

como local; sin embargo, la gestión de residuos sólidos, actualmente, es uno de los principales problemas ambientales a los que nos enfrentamos, a la fecha el país cuenta con diez rellenos sanitarios para disponer de manera final de sus residuos locales y más del 70% de los residuos tienen una inadecuada disposición final.

La problemática de la gestión de residuos sólidos es debido a la falta de un sistema adecuado de recolección y tratamiento, los residuos de tipo orgánicos son los que se acumulan en mayor cantidad, afectando no solo a la higiene, y que actualmente no reciben un reaprovechamiento ni aporte a la economía circular que podrían convertirse en una valiosa fuente de material para la producción de compost. El compostaje es una práctica sostenible que puede generar beneficios económicos y ambientales significativos, como la mejora de la fertilidad del suelo y la reducción de la cantidad de residuos que van a los rellenos sanitarios.

Existe una falta de infraestructura adecuada para el compostaje a nivel del mercado, así como una necesidad urgente de educar a los comerciantes y trabajadores del mercado sobre la separación adecuada de residuos y los beneficios del compostaje. Esta falta de conocimiento y recursos limita la capacidad del mercado para implementar prácticas efectivas de gestión de residuos orgánicos.

En resumen, la gestión de residuos sólidos orgánicos en los mercados ubicados en la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero enfrentan múltiples desafíos que afectan tanto al medio ambiente como a la comunidad local. Abordar estas problemáticas requiere no solo la implementación de infraestructuras adecuadas y planes de gestión de residuos sólidos, sino también un cambio cultural hacia prácticas más sostenibles y conscientes del medio ambiente entre los actores clave del mercado.

En síntesis, el problema ambiental no solo radica en la cantidad de residuos generados, sino en la ausencia de mecanismos técnicos y normativos que garanticen su aprovechamiento.

Los reportes del *MINAM (2023)* y del *OEFA (2023)* muestran que los municipios que implementan programas de valorización orgánica mediante compostaje logran reducir hasta un 60 % del volumen de residuos enviados a disposición final. Por ello, es pertinente fortalecer el sustento técnico del presente estudio con base en fuentes oficiales y evidencias empíricas verificadas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la gestión de residuos sólidos orgánicos generados en la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, para la producción de compost, distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Provincia de Arequipa, 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del manejo de residuos sólidos en la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, considerando las bases de evaluación de las prácticas actuales de generación, separación, recolección y disposición de residuos.
- Precisar los tipos de residuos generados diariamente, clasificando los residuos en orgánicos e inorgánicos para identificar su potencial de valorización del impacto medio ambiental, generados por la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”
- Medir la diferencia significativa del impacto ambiental bajo la propuesta de gestión de los residuos sólidos orgánicos generados en la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”

- Proponer un plan de valorización de residuos sólidos orgánicos adecuado para la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, basado en el diagnóstico, la caracterización y la valorización mediante compostaje, para promover una gestión integral y sostenible de los residuos sólidos.

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación Ambiental

La investigación se justifica ambientalmente porque aborda una de las problemáticas más críticas del distrito de José Luis Bustamante y Rivero: la inadecuada gestión de los residuos orgánicos generados en el Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”. El manejo deficiente de estos residuos origina emisiones de gases de efecto invernadero, proliferación de vectores y contaminación del suelo y del agua. Frente a ello, la valorización orgánica mediante compostaje representa una alternativa ambientalmente sostenible, que transforma la materia orgánica biodegradable en abono natural, disminuye la presión sobre los botaderos y reduce la huella ecológica del mercado. Asimismo, la propuesta se alinea con los lineamientos del Decreto Legislativo N.º 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que promueve el reaprovechamiento de residuos y el fortalecimiento de la economía circular en los municipios del país (MINAM, 2017). En ese sentido, esta investigación contribuye directamente a la mitigación del cambio climático y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 y 12, relacionados con ciudades sostenibles y producción responsable (Naciones Unidas, 2022).

1.3.2. Justificación Social

Desde el enfoque social, la investigación busca fortalecer la cultura ambiental de los comerciantes y trabajadores del Mercado Metropolitano, quienes desempeñan un papel

esencial en la correcta segregación de residuos. La implementación de un plan de valorización orgánica fomentará la participación activa de los actores locales, mejorando las condiciones de salubridad y reduciendo los riesgos sanitarios derivados de la acumulación de desechos. Además, la propuesta promueve la educación ambiental y la corresponsabilidad ciudadana, elementos clave para construir comunidades sostenibles (Mazuelos, 2021). De esta manera, el estudio no solo mejora la gestión ambiental del mercado, sino que también contribuye a la calidad de vida de los pobladores del distrito al propiciar un entorno más limpio, seguro y ordenado.

1.3.3. Justificación Económica

Desde una perspectiva económica, la valorización de los residuos orgánicos mediante compostaje permitirá generar un producto con valor comercial y agrícola: el compost. Este puede ser utilizado por agricultores locales o comercializado, generando ingresos complementarios y fomentando el emprendimiento verde. La reducción del volumen de residuos destinados a disposición final también implicará un ahorro en los costos de transporte y disposición municipal, optimizando los recursos públicos. Además, al mejorar la eficiencia del sistema de manejo de residuos, se reduce el riesgo de sanciones y cierres temporales de establecimientos comerciales, fortaleciendo la estabilidad económica del mercado (Radio San Martín, 2023). En conjunto, la investigación promueve un modelo económico circular que integra la sostenibilidad ambiental con la rentabilidad social, impulsando un desarrollo local más resiliente y responsable.

En conclusión, la relevancia de esta investigación radica en su capacidad de ofrecer una solución integral que responde simultáneamente a las dimensiones ambiental, social y económica del desarrollo sostenible, aportando evidencia técnica y científica aplicable al contexto local de Arequipa y al cumplimiento de la política nacional de gestión ambiental del Perú.

1.3.4. Justificación Tecnológica

Desde una perspectiva tecnológica, la implementación de prácticas de compostaje en el Mercado Avelino aprovecharía tecnologías accesibles y probadas que pueden adaptarse fácilmente a las condiciones locales. Los sistemas de compostaje varían desde métodos simples de pilas de compost hasta tecnologías más avanzadas como compostaje en tambor o vermicompostaje, todas las cuales pueden ser adaptadas según los recursos disponibles y las necesidades específicas del mercado y su entorno.

La tecnología necesaria para el compostaje es accesible y puede ser implementada con capacitación mínima, lo que facilita su adopción por parte de los trabajadores del mercado y la comunidad en general. Además, las innovaciones tecnológicas en la gestión de residuos sólidos ofrecen oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental negativo, asegurando así un desarrollo sostenible y responsable en el distrito de José, Luis, Bustamante y Rivero.

1.3.5. Justificación Política

La presente investigación en principio está en línea con el acuerdo indicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el año 2015 en su Objetivo de Desarrollo Sostenible de la que Perú se comprometió a aportar, en este caso el número 12: Producción y consumo sostenible, esencial para el desarrollo sostenible; donde realizar investigación en este ámbito contribuye al cumplimiento de metas de los ODS (Naciones Unidas, 2022).

La investigación se sustenta en que la gestión de residuos sólidos urbanos consiste en una responsabilidad clave de los gobiernos locales y regionales, y constituye un desafío importante en términos de política pública; además que al abordar de manera efectiva la gestión de residuos, las autoridades locales pueden fortalecer su capacidad institucional y demostrar

una administración eficiente y responsable. Esto mejora la percepción pública y la confianza en las instituciones locales, incrementando la legitimidad y el apoyo ciudadano.

1.4. Exposición de las variables

1.4.1. Variable independiente

Diagnóstico de los residuos sólidos

1.4.2. Variable dependiente

- Plan de manejo de residuos sólidos
- Impacto ambiental provocado
- Generación de compost

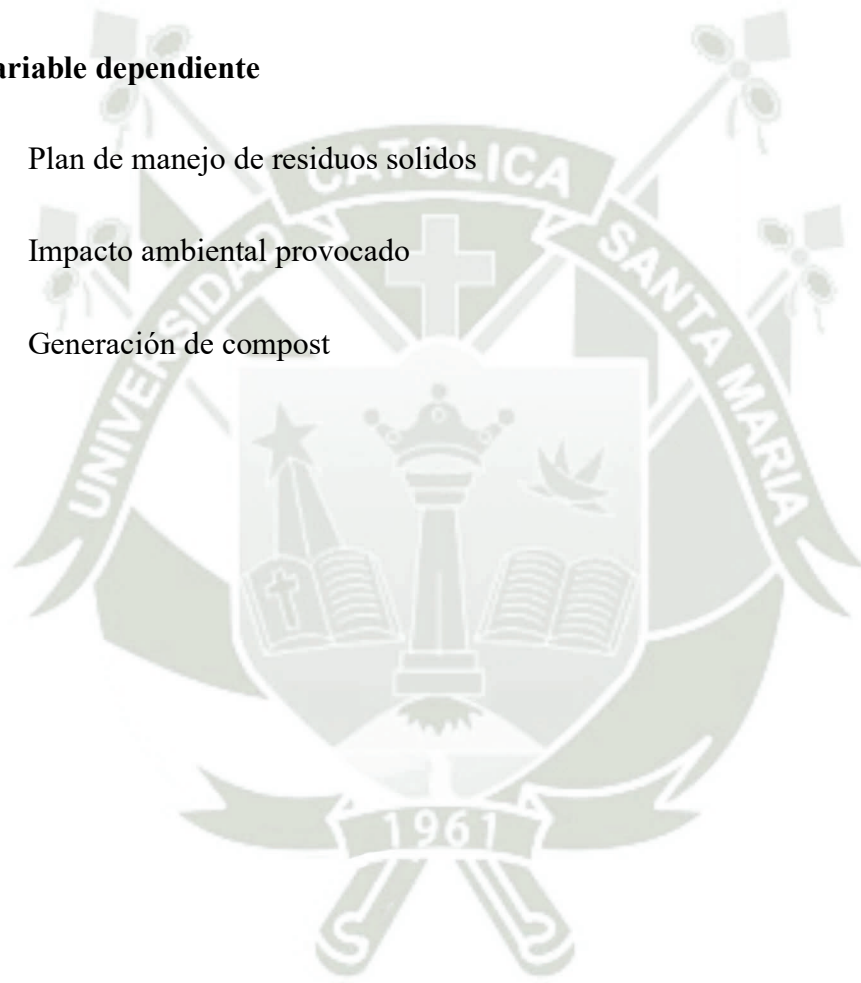


Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumentos
Variable independiente Diagnóstico de la gestión del manejo de los residuos sólidos	Fuentes de generación de residuos	Cantidad de residuos generados por día Porcentaje de residuos orgánicos generados	Escala numérica (kg/día) Emisión de CO2 actual Emisión de metano Contaminación de agua y suelo Uso de vertedero	Guías de observación, registros de peso, cuestionarios estructurados. Revisión documental. Registros de peso y parámetros del compostaje.
Variable dependiente: Plan de Manejo de Residuos Sólidos	Diseño de estrategias de separación en origen	Residuos separados correctamente Volumen de compost producido	Porcentaje (%) Escala numérica (kg/mes)	Cuestionarios y formatos de registro. Hojas de registro de resultados de compostaje.
Variable dependiente: Impacto ambiental	Simulación de reducción de emisiones de CO2	Reducción de Contaminación	Análisis Estadístico	Prueba T de Student

Nota. *Elaboración Propia*

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general:

La implementación de un modelo de gestión integral de residuos sólidos orgánicos basado en la valorización mediante compostaje en el Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” permitirá optimizar el manejo ambiental de los residuos, reducir su impacto ecológico y fomentar la economía circular local.

1.5.2. Hipótesis específicas:

- Un diagnóstico técnico y participativo de la generación y manejo de residuos orgánicos en el mercado permitirá identificar las deficiencias operativas y sociales que limitan su aprovechamiento sostenible.
- La aplicación de encuestas y análisis estadístico evidenciará una relación significativa entre el nivel de conocimiento de los comerciantes y la eficiencia del manejo de residuos sólidos orgánicos.
- La propuesta de un plan de valorización mediante compostaje reducirá la cantidad de residuos orgánicos destinados a disposición final en más del 60 %, generando un producto orgánico de valor agronómico.
- La implementación del plan de valorización contribuirá a disminuir los impactos ambientales negativos y a mejorar la percepción ambiental de los actores del mercado.



CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Un antecedente importante es el aquel que cuenta con el objetivo de evaluar la gestión y caracterización de residuos sólidos en el Mercado Municipal de Jayanca que es una investigación tipo aplicada con un diseño no experimental descriptivo donde aplicaron una encuesta elaborada sobre 20 comerciantes de 142, en forma de cuestionario, donde gracias a esta técnica de campo; es así que la gestión y caracterización de residuos sólidos en el Mercado Municipal de Jayanca no es la adecuada ya que muchos de los ciudadanos un 70% indicaron que el vecino tiene una escasa participación en la gestión de residuos sólidos ya que este no le interesa tener una disciplina para la gestión de sus desperdicios que generan pero también el 10% ponen a flote en que no existe un horario definido para el recojo de basura y el caso agravante es que estos desperdicios se arrojan a la rivera de la Quebrada del río Zurita (Flores & Esperanza, 2020).

Otro antecedente relevante consiste en una investigación con el objetivo de caracterizar el compost elaborado a partir de residuos orgánicos (frutas y verduras) del mercado mayorista Chota. Este estudio fue de tipo descriptivo correlacional, de diseño experimental, donde la técnica fue la observación y utilizaron instrumentos como pH-metro, termómetro digital y la ficha de registro, la tesis descrita tiene una metodología similar a la que se propondrá en la presente tesis, donde se recolectaran residuos para instalarse en una compostera, luego del proceso de descomposición se realizó un muestreo de compost, se analizó en un laboratorio de suelos, finalmente sus resultados fueron sistematizados estadísticamente, concluyendo que la composición del compost, cumpliendo los parámetros de pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la relación del C/N; además de un resultado valioso a tomar en cuenta y es que durante el proceso de degradación de los residuos orgánicos (90 días) la temperatura máxima alcanzada fue de 34.2 °C, lo cual es importante a tomar en cuenta para la presente investigación (Díaz J. , 2022).

En el antecedente perteneciente a la tesis de investigación con el objetivo de evaluar el manejo de los residuos sólidos en el Mercado Mayorista Conzac de Los Olivos, mediante un formato basado en la observación, la determinación del nivel de conocimientos dirigidas a 15 trabajadores comprendidas entre el personal de limpieza así como vendedores; acerca de los procesos de manejo de residuos sólidos aplicando una lista de verificación, la caracterización de residuos generados en una muestra de 81 puestos conformado por áreas de venta y servicios, cálculos de la producción per- cápita, análisis de densidad y determinación de los componentes físicos, lo cual la convierte en una investigación tipo aplicada; donde también aplicaron una recolección de residuos, un pesaje, luego una caracterización de los residuos, y posterior a los resultados aplicaron una charla de sensibilización a los comerciantes parte del mercado, es así que concluyo que la gestión ambiental en mercados mayorista se caracteriza por la carencia de la educación ambiental, la ausencia de la política ambiental y su plan de gestión de residuos sólidos y resulta importante la conclusión de que los residuos re aprovechables pueden ser valorizados de los generados lo cual sustenta la factibilidad de valorizar mediante el compostaje como (Mantilla, 2021).

Un antecedente relevante para la investigación es aquel que describe el objetivo de caracterizar, determinar la caracterización de residuos sólidos del mercado Unión y Dignidad, se realizó en la ciudad de Puno, teniendo como zona de estudio éste importante centro de abastos, donde se expende una diversidad de productos, un aporte importante de esta tesis es que para la determinación de la muestra y metodología de trabajo de la presente investigación tuvieron como base el documento: “Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales” del MINAM, lo cual puede replicarse para la presente investigación, además caracterizaron los residuos en base a la estimación de la generación per cápita, la composición y la densidad de los residuos sólidos de dicho centro de abastos de la ciudad de Puno, obteniendo como resultado que la composición de los residuos sólidos generados se han

tipificado en 14 diferentes tipos, dentro de los cuales destaca la materia orgánica en un 77%, lo cual también es de importancia, ya que nos sustenta que la mayor cantidad de residuos generados en un mercado son los orgánicos (Atencio, 2023).

Un antecedente de modo local es aquel que propone un plan de manejo de residuos sólidos en el mercado metropolitano de productores del distrito José Luis Bustamante y Rivero, donde frente a una problemática similar a la presente investigación, donde realiza un diagnóstico del manejo de residuos sólidos, también realiza un estudio de caracterización y generación diaria de residuos sólidos, lo cual da como resultado un después de aplicar la técnica de la encuesta, la observación directa y recolección de datos; donde se pone en evidencia una vez más que la sección de comidas es la mayor generadora de residuos con 62396,64 g/día, donde después de identificar la problemática de falta de conocimiento por parte de los dirigentes y comerciantes en el manejo de los residuos, lo que provocaba impactos negativos en el ambiente y el mercado, por tal propone un programa de educación ambiental (Soto & Huaman, 2022).

Un antecedente relevante es una investigación acerca de diseñar un sistema de tratamiento de residuos sólidos del mercado Moshoqueque a fin de reducir la contaminación ambiental, debido a que el distrito donde se ubica la investigación no cuenta con un manejo adecuado hacia los residuos sólidos, estos que son desechados a un botadero sin contar por un tratamiento para un mejor provecho, provocando un incremento en la demanda de productos químicos que son destinados para estas tierras, es así que la investigación propone la producción de compost que tendrá una demanda por los agricultores, y a la vez realizar el proceso de reciclaje para los residuos inorgánicos. Se realizó el diseño de planta mediante el método Guerchet para establecer las áreas con las que va a contar la planta para ambos tratamientos, evaluando los materiales, maquinaria equipos necesarios para la producción de compost, determinándose un área total de 4 259,56 m²; además de ello se pudo ver la mejora

ante la aplicación del programa de segregación de residuos para el mercado Moshoqueque y esto se puede ver ante la matriz de Leopold e importancia el cual se tuvo una disminución de impactos severos a compatibles (Suyon, 2022).

Una tesis con una perspectiva interesante es aquel con el objetivo de estudiar y analizar el estado de la gestión, así como de la valorización de residuos sólidos alimentarios en el Perú, además de evaluar el caso del estado de la gestión de residuos en el Mercado San José de Jesús María, en donde en aquel trabajo de investigación analiza las políticas de gestión municipal, luego identifican los métodos de valorización de residuos, implementadas en el mercado San José de Jesús María y su relación con las políticas de gestión de residuos del gobierno local, adicionalmente la investigación propuso oportunidades de mejora tanto en el proceso de caracterización y gestión de los residuos sólidos alimentarios en el mercado San José de Jesús María, el aporte de esta investigación es la forma en que realiza el diagnostico situacional de los mercados , ya que lo divide en uno técnico – operativo, y uno institucional, es así que concluyeron también con la donación y el rescate de alimentos, como estrategias de minimización, aportan de manera significativa a la seguridad alimentaria de personas en vulnerabilidad (Matienzo, 2022).

Un antecedente perteneciente a un trabajo de investigación con el objetivo de informar sobre la gestión de residuos sólidos en el ámbito municipal a nivel mundial, así como evaluar específicamente la gestión de los residuos generados en los mercados de abastos de América Latina, el cual está muy relacionado a la visión de un manejo sostenible en mercados, la investigación ha servido de precedente para presentar los principales programas implementados en los estudios que buscan optimizar la gestión de residuos sólidos en los mercados de abastos latinoamericanos, descubriendo que a pesar de que las municipalidades tienen la responsabilidad de contribuir con el fortalecimiento del manejo de estos residuos comerciales, su participación ha sido casi nula, es así que se concluye que a pesar de que la

producción de residuos inorgánicos y orgánicos en un mercado tienen un gran potencial de reaprovechamiento, en el Perú todavía no se cuenta con planes de gestión integral que enfatizen el progreso de los procesos de segregación, recolección y aprovechamiento en los mercados (Zavaleta, 2020).

Una investigación con gran relación es aquella tesis de investigación que tiene el propósito de elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua, la cual esta investigación aplico una metodología de se realizó el análisis, de la cantidad de insumos y materia orgánica que se utilizaron para la obtención del compost mejorado; y la otra cuantitativa donde se realizó jornadas de educación, sensibilización y educación con los comerciantes y los representantes de la Municipalidad, para recolectar la información in situ y se comprometan a entregar sus restos de frutas y vegetales, además del apoyo de los medios de comunicación a fin de minimizar los residuos; es así que obtuvieron resultados sobre minimización de residuos sólidos orgánicos sobre 30 establecimientos, de la manera que los comerciantes empadronados cumplieron la segregación selectiva de los restos sólidos orgánicos, lo relevante de esta investigación consiste en el precedente de fichas de registros de información con respecto al control de peso y volumen de residuos sólidos orgánicos no domiciliarios y además una guía del recorrido de recojo de residuos orgánicos de mercado (Suarez, 2020).

El trabajo de investigación que tiene el fin de diseñar la propuesta de valorización para residuos orgánicos en el mercado Plaza Unicachi Sur, también tiene relevancia para la presente investigación, por que analizan el manejo de los residuos sólidos orgánicos, es así que los datos los adquirieron de la recolección de información en campo (Cantidad de peso y volumen de los RSO) y la aplicación de encuestas a los trabajadores realizados en el mercado que consistía en un acta de fiscalización modificada de la “Guía para la fiscalización ambiental en materia de

residuos sólidos de gestión municipal provincial”; lo adicional de la investigación mencionada es que evalúa que dentro del establecimiento del mercado Plaza Unicachi Sur este se encuentra en una zona urbana, por tal cuentan con un área de regular extensión para la instalación de pilas de compostaje, reactor o vermicompostaje, es así que en base a ese análisis opto por la propuesta del compostaje en pilas, por la disponibilidad de área que disponen, el bajo costo de implementación y operaciones, lo cual es prudente de tomar en cuenta (Chancahuana, 2019).

Un artículo de investigación en relación con la investigación es aquel que tuvo el fin de evaluar la educación ambiental sobre los residuos sólidos en el mercado central del cantón Jipijapa, donde para lograrlo aplicaron una guía de encuesta a 63 comerciantes del mercado central, lo interesante es realizar la pre- evaluación para medir el nivel de conocimientos de educación ambiental y el manejo de residuos sólidos para lo cual utilizaron un método matemático estadístico, donde se utilizó tablas de contingencias y el análisis Chi X2 al 95% de significancia, es así que el software SPSS Statistics 26, obtuvo resultados que evidenciaron que existen deficiencias en la percepción hacia el reciclaje, en donde no existe el aprovechamiento de residuos sólidos en el mercado central de Jipijapa; este aporte es valioso ya que el instrumento de encuestas, resulta útil para determinar la percepción de los comerciantes con respecto a un manejo eficiente de residuos sólidos orgánicos (Sornoza & Garcia, 2023).

Un documento relacionado al estado del arte que propone establecer una relación entre el manejo de los residuos sólidos y la educación ambiental en los comerciantes del mercado “Nery García Zárate” del distrito de Ayacucho en el 2022, es así que la investigación analizada tomo en cuenta a consideró como población a 500 comerciantes y una muestra de 77 comerciantes que desarrollan actividad comercial dentro del mercado Nery García, mediante la aplicación de encuestas y procesamiento de datos recolectados en el programa estadístico SPSS, donde se obtuvo como resultados un valor de 0.482, es decir, indica la existencia de una correlación positiva moderada, entre las variables manejo de residuos sólidos y educación

ambiental, donde se demuestra que el desconocimiento de la educación ambiental en los comerciantes del mercado Nery García influye en su manejo inadecuado de residuos sólidos, es así que también es relevante para la presente investigación por la correlación que efectúa entre las variables principales de este estudio (Chacchi & Cohayla, 2022).

El siguiente trabajo de investigación a ser analizado es aquel que determina los impactos ambientales generados por el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado modelo de Huánuco 2019, lo cual toma en perspectiva algo diferente a lo visto anteriormente, especialmente la afectación del agua, afectación del aire y afectación de la salud, todas estas variables generadas por el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado, es así que aplico una investigación correlacional – descriptiva, para la población de todos los trabajadores dentro del mercado que son una cantidad de 364 trabajadores por puesto, y también aplicaron una matriz de Leopold, que identifico un impacto ambiental moderado, para las tres dimensiones de su investigación, lo que nutre a la presente investigación es que evalúan el impacto ambiental y el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado modelo de Huánuco con un P de 0,004. (Souset, 2020).

La tesis de investigación que cuenta con el propósito de evaluar la influencia de un programa de capacitación para mejorar el conocimiento y el manejo de residuos sólidos en los comerciantes del Mercado Mayorista Grau de Tacna, donde inicia con identificar un estado actual del nivel de conocimiento y la práctica en el manejo de residuos sólidos en comerciantes del Mercado Mayorista, y luego evaluar el estado final del nivel de conocimiento y la práctica en el manejo de residuos sólidos en comerciantes; es que para ello aplicaron una investigación de tipo explicativo porque midió la influencia de un programa de capacitación en el conocimiento y aplicación, es así que lo relevante es que lograron aplicar el programa de capacitación que obtuvo mejoras significativas, con la totalidad de comerciantes que mejoraron su conocimiento; tanto que pone en evidencia que aplicar una técnica de encuesta a una

investigación y posterior propuesta de mejora como un programa de capacitación son efectivos para establecer los niveles de cumplimiento óptimos del manejo adecuado de los residuos sólidos, además que sugiere realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos en el mercado (Mazuelos, 2021).

Una tesis de estudio a ser objeto de análisis es la siguiente que propone caracterizar los residuos sólidos en la zona urbana del distrito de Indiana 2021, donde toma en cuenta una metodología que se basa en la guía metodológica del Ministerio del Ambiente, que es de interés para la presente investigación por el motivo que realiza una caracterización de residuos, para estado actual de la generación de residuos sólidos, trabajando con 95 viviendas; donde aplicar un procedimiento tipo recolección , pesaje, densidad de residuos, luego evaluando la composición, para luego ser registrados en campo son trabajados utilizando el programa Microsoft Excel. Por ende, se elaboró cuadros y gráficos para su representación, en donde obtuvo un componente de mayor predominancia en la composición física porcentual de los residuos sólidos domiciliarios es la materia orgánica con un 84%, el segundo componente de mayor representatividad son los residuos sólidos plásticos 16% respectivamente; es así que concluyen que el estudio logra promover el reaprovechamiento de los residuos orgánicos entre los habitantes del distrito y concluye el estudio además que una caracterización brinda información para la planeación y manejo de los residuos sólidos en su aprovechamiento y disposición final; lo cual es de importancia para el presente estudio ya que un objetivo específico está relacionado con el fin del estudio recientemente mencionado (Bartra, 2023).

En el estudio desarrollado por Gutiérrez y Rojas (2024), se evaluó la efectividad de los sistemas de segregación y compostaje en cuatro mercados municipales del norte del Perú (Piura, Chiclayo, Trujillo y Cajamarca). La investigación, de tipo aplicada con diseño descriptivo–correlacional, identificó que más del 70 % de los residuos generados correspondían a materia orgánica. Los autores implementaron un programa piloto de compostaje en pilas,

logrando reducir en un 63 % los residuos enviados a botaderos y producir un compost con parámetros fisicoquímicos óptimos para su uso agrícola. Además, concluyeron que la capacitación de los comerciantes y el acompañamiento técnico municipal son factores decisivos para la sostenibilidad de las prácticas de valorización. Este estudio demuestra la viabilidad técnica y social de los modelos de compostaje comunitario en mercados urbanos peruanos, lo cual respalda la propuesta del presente trabajo en el contexto de Arequipa.

Rivas y Calderón (2023) desarrollaron una investigación en mercados de abasto de México, Colombia y Perú, centrada en la implementación de estrategias de economía circular aplicadas a la gestión de residuos orgánicos. Su estudio analizó los procesos de recolección, separación y valorización, destacando que el compostaje descentralizado y la producción de biogás fueron las alternativas más rentables y ambientalmente sostenibles. Los resultados demostraron que la incorporación de tecnologías de bajo costo y la formalización de asociaciones de recicladores permiten reducir hasta un 40 % los gastos municipales de disposición final. Este trabajo es relevante porque plantea un marco comparativo regional que sustenta la aplicabilidad del compostaje como política pública en mercados urbanos de mediana escala, similar al caso de Arequipa.

El estudio de Martínez, Delgado y Fajardo (2022) evaluó el impacto ambiental de plantas de compostaje urbano implementadas en Lima Metropolitana bajo un enfoque de ciclo de vida. A través de análisis comparativos entre escenarios con y sin valorización orgánica, los autores determinaron que el compostaje reduce un 72 % las emisiones de metano y un 56 % la generación de lixiviados en comparación con el sistema tradicional de disposición final. Además, identificaron que la etapa de segregación en origen es la más crítica para garantizar la calidad del compost y la eficiencia del proceso. La investigación enfatiza que el compostaje no solo es una práctica de reducción de residuos, sino también una herramienta de mitigación climática urbana, argumento clave para sustentar el componente ambiental de la presente tesis.

Torres y Huamán (2021) llevaron a cabo una investigación sobre el papel de la participación ciudadana en la eficacia de la gestión de residuos etasólidos en mercados locales del sur del Perú. Su estudio aplicó encuestas a 250 comerciantes y consumidores en los mercados de Camaná y Moquegua, utilizando un enfoque mixto para analizar las percepciones ambientales y las prácticas de manejo de residuos. Los resultados demostraron una correlación positiva moderada ($r = 0.61$) entre el nivel de educación ambiental y la práctica efectiva de segregación. Además, se concluyó que los programas municipales de sensibilización incrementan la disposición de los comerciantes para participar en proyectos de compostaje. Este antecedente resalta la importancia de incluir componentes de educación y participación comunitaria en las estrategias de valorización orgánica, como las planteadas en esta investigación.

El trabajo más reciente de Alarcón et al. (2025) se enfocó en el diseño y evaluación de tecnologías apropiadas para el manejo y valorización de residuos orgánicos en mercados municipales del país. La investigación implementó prototipos de biodigestores modulares y pilas de compostaje automatizadas en tres ciudades piloto: Arequipa, Cusco y Huancayo. Los resultados indicaron una mejora del 80 % en la eficiencia del proceso de descomposición y una reducción de tiempos de maduración del compost de 90 a 50 días. Asimismo, se generaron guías operativas para la ubicación de contenedores, almacenamiento temporal y disposición final, fortaleciendo la planificación ambiental local. Este aporte reciente evidencia la posibilidad de integrar innovación tecnológica con gestión comunitaria, fortaleciendo la pertinencia y factibilidad técnica del plan propuesto en la tesis.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Definiciones según la normativa peruana vigente

La gestión de residuos sólidos en el Perú se rige principalmente por el Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, y su reglamento aprobado

mediante el D.S. N.º 014-2017-MINAM, que establecen los principios, definiciones y responsabilidades en la gestión de residuos a nivel nacional, regional y local. A continuación, se presentan las definiciones esenciales vinculadas con la presente investigación, priorizando el marco normativo peruano.

Residuos sólidos: Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, que el generador desecha o tiene la intención de desechar, resultantes de actividades domésticas, comerciales, industriales, institucionales o de servicios. Estos residuos pueden tener o no valor económico, y su gestión debe garantizar la protección del ambiente y la salud pública (MINAM, 2017a).

Residuos sólidos municipales: Comprenden los residuos domiciliarios y los generados en establecimientos comerciales, mercados, instituciones públicas y privadas, que por su naturaleza son similares a los residuos domésticos (D.S. N.º 014-2017-MINAM, art. 4).

Residuos orgánicos: Se definen como los residuos biodegradables de origen vegetal o animal que, mediante un proceso biológico controlado, pueden transformarse en productos de valor agregado como compost o biogás. En los mercados de abasto, corresponden principalmente a restos de frutas, verduras, carnes y alimentos perecibles (MINAM, 2020).

Gestión integral de residuos sólidos: Es el conjunto de acciones interrelacionadas de carácter técnico, normativo, operativo, financiero, educativo y de monitoreo, que se aplican desde la generación hasta la disposición final de los residuos, con el fin de minimizar su impacto ambiental y fomentar su valorización (Decreto Legislativo N° 1278, art. 5). Esta gestión involucra las etapas de generación, segregación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final, priorizando la jerarquía de valorización establecida por el MINAM.

Valorización de residuos sólidos: Es el proceso mediante el cual los residuos son aprovechados mediante actividades de reciclaje, reutilización, recuperación o transformación biológica, como el compostaje, para generar productos con valor económico, social o ambiental (MINAM, 2017b). Este proceso se enmarca en los principios de la economía circular y busca reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final.

Compostaje: Según el Manual Técnico de Compostaje del MINAM (2021), el compostaje es un proceso biológico controlado de descomposición aeróbica de materiales orgánicos biodegradables, que da como resultado un producto estable, libre de patógenos, denominado compost, el cual mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este proceso contribuye a cerrar el ciclo de los residuos orgánicos, evitando su disposición inadecuada.

Aprovechamiento: Hace referencia a las operaciones de valorización mediante las cuales los residuos o sus componentes son utilizados nuevamente, ya sea directamente o después de un tratamiento, con el fin de generar un beneficio ambiental o económico (MINAM, 2017b). En el caso de los mercados de abasto, el aprovechamiento se orienta principalmente a la producción de compost y la recuperación de materiales reciclables.

Impacto ambiental: Se entiende como toda alteración positiva o negativa del entorno, provocada directa o indirectamente por actividades humanas. En la gestión de residuos sólidos, el impacto ambiental negativo está asociado al manejo inadecuado, mientras que los procesos de valorización, como el compostaje, generan impactos positivos al reducir emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del suelo (MINAM, 2020).

Estas definiciones priorizan la aplicación normativa del sistema peruano de gestión ambiental, garantizando que el presente estudio cumpla con los lineamientos establecidos por

el Ministerio del Ambiente y con las políticas de desarrollo sostenible promovidas por el Estado peruano.

2.2.2. Residuos Sólidos

Galvis, (2019) menciona que, por residuo sólido a todo material destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

- **Residuos sólidos orgánicos:** son los materiales residuales que, en algún momento, tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o deriven de los procesos de transformación de combustibles fósiles.
- **Residuos sólidos inertes:** son aquellos no biodegradables ni combustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales; por ejemplo, el vidrio, los metales, los residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros.
- **Residuos que pueden ser peligrosos o no peligrosos:** están definidos por una o más de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infeccioso. Por sus características físicas, químicas o biológicas, pueden o no ser acoplados a procesos de recuperación o transformación, y en casos extremos tratarse para su incineración o confinamiento controlado.
- **Residuos agropecuarios:** son considerados en general de naturaleza orgánica; como tales, comparten características similares con otros residuos de origen agroindustrial y con la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos (Galvis, 2019).

2.2.3. Residuos Sólidos Orgánicos

Se refiere a todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos, o bien consiste en restos, sobras o productos de desecho de cualquier organismo (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017). Según United States Environmental Protection Agency (EPA, 2011) indica que los RSO provienen de sobras de productos de origen orgánico y se pueden descomponer rápidamente, modificándose en otro producto de MO, los sobrantes de comida, verduras, frutas, huevos, entre otros; en el proceso de degradación se obtiene un nuevo producto útil que ayuda a mejorar las características del suelo (Chancahuana, 2019).

2.2.4. Impacto ambiental por residuos sólidos

De acuerdo con Chucos (2020), alude que el impacto ambiental por residuos sólidos es la variación de los sistemas, abiótico, biótico y económicos, pueden ser positivos o negativos, parcial o total, que puedan ser generados al desarrollar proyecto, obras o actividades. Los residuos sólidos comunes y los residuos peligrosos son causas de problemas ambientales que son generados por la población, ya sean que estos se encuentren en lugares urbanos, rurales y sobre todo en zonas industriales de los municipios, estos amenazan a la salud pública, a la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental.

2.2.5. Gestión Integral de Residuos Sólidos

Es el conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (Ministerio del Ambiente, 2017).

Podemos señalar que la gestión de los residuos sólidos, entendida como el manejo de todas aquellas actividades que tengan como objetivo minimizar los impactos de los residuos sólidos en la salud, el ambiente y en lo estético, tiene un impacto directo en la calidad de vida de las poblaciones (Jimenez, 2002).

2.2.6. Importancia del correcto manejo de residuos sólidos

El mal manejo de los residuos sólidos además de causar impactos al ambiente genera riesgos a la salud humana, siendo la causa fundamental la de contraer enfermedades, es por ello por lo que, debido a un mal almacenamiento o disposición final de los residuos, produce una contaminación visual y por ende la generación de vectores como moscos, cucarachas y roedores, los cuales transmiten enfermedades infecciosas.

Tabla 2

Vectores y enfermedades generadas por el mal manejo de residuos sólidos

Vector	Mosca	Cucaracha	Mosquito	Rata
Enfermedad	Cólera	Fiebre Tifoidea	Malaria	Peste
	Disentería	Lepra	Dengue	Bubónica
	Salmonelosis	Gastroenteritis	Fiebre amarilla	Tifus marino
				Rabia

Nota. Adaptado de “La basura Manual para el reciclamiento urbano”, por Aguilar y Salas, (1995), Trillas.

2.2.7. Gestión de residuos sólidos en mercados de abastos

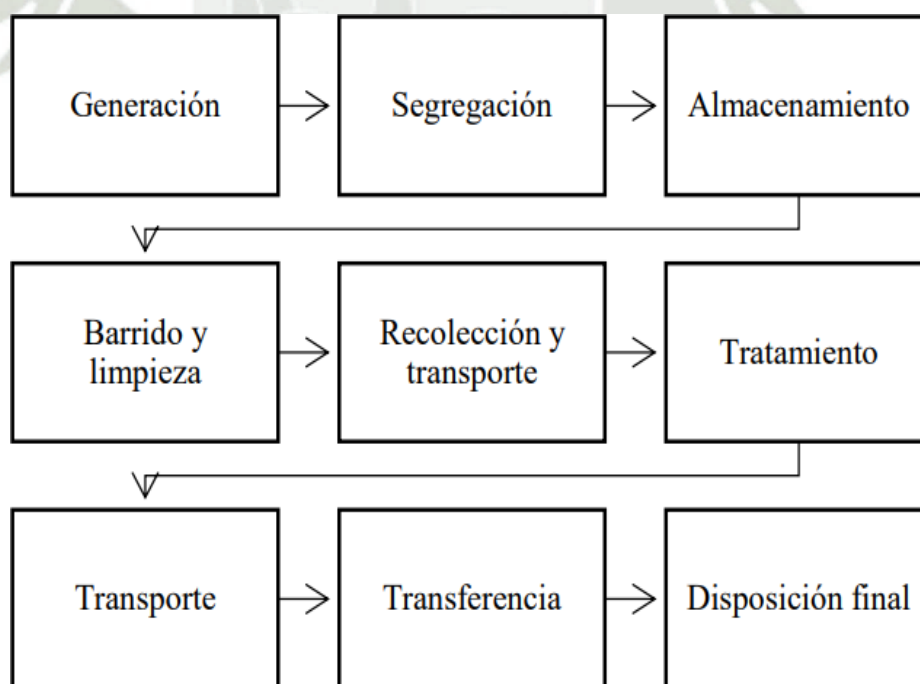
Un mercado de abastos es un local cerrado de propiedad privada o municipal, internamente se encuentran distribuidos puestos de venta que tienen por finalidad realizar el comercio de productos alimenticios, no alimenticios y alimentos, los principales actores participativos son el comprador y el vendedor. Primero los intermediarios y distribuidores

acuden a los mercados mayoristas a comprar en cantidad los productos, luego lo revenden a los comerciantes minoristas para que finalmente ellos vendan directamente y en pequeñas cantidades a los consumidores, los cuales escogen de acuerdo con su necesidad el producto que mejor les conviene. La venta diaria de los productos produce en consecuencia gran cantidad de residuos sólidos, los cuales deben ser gestionados de manera adecuada. Dentro de un mercado el ciclo de vida de la gestión de residuos sólidos generados en mercados de abastos se resume en la siguiente figura y seguidamente se realiza un análisis sobre la realidad práctica de cada actividad (Arce & Hallasi, 2019).

2.2.8. Gestión de los residuos sólidos en los mercados de abastos del Perú

Figura 1

Flujograma del ciclo de vida de la gestión de residuos sólidos generados en mercados de abastos



Nota. *Elaboración Propia*

En el Perú desde 1996 hasta el 2016 el número de mercados de abastos incrementaron gradualmente. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Mercados de Abastos de 1996 existían 1097 mercados y para el año 2016, según el Censo Nacional de Mercados de Abastos (CENAMA) se han registrado 2612 mercados, lo cual significa que ha habido un incremento en del 138.1%, de los cuales el 87.8% se ubican en zonas urbanas y el 12.1% en zonas rurales, el distrito de Lima y la provincia constitucional del Callao cuentan con 1402 mercados, lo cual representa el 53.7% del total en el país. Los mercados de abastos cuentan con puestos fijos donde los comerciantes, ya sean propietarios o no, realizan sus ventas diarias; a nivel nacional se han registrado 328946 de los cuales el 83.2% se encuentran funcionando y el 16.8% desocupados. Así mismo, los establecimientos de venta en funcionamiento pueden ser categorizados de acuerdo con el rubro del negocio que pueden ser tradicionales que abarcan abarrotes, carnes, verduras, frutas, pescados, expendio de comidas y artículos de limpieza y por otro lado los no tradicionales, donde los comerciantes venden o prestan servicios, tales como zapaterías, venta de ropa y calzado, entre otros. En nuestro país los mercados de abastos se dedican principalmente al rubro de abarrotes con un 21.1% y verduras con un 20.2%, del total del rubro tradicional (Díaz H. , 2017).

Programas de gestión de residuos sólidos en mercado de abastos Actualmente en el Perú no se cuenta con una normativa o protocolo específico donde se expongan los programas básicos para la gestión de residuos sólidos en mercados de abastos. Sin embargo, se han elaborado documentos como por ejemplo la guía para la competitividad de mercados de abastos, por parte de la municipalidad metropolitana de Lima, donde se abarca temas sobre el manejo adecuado de estos residuos comerciales, haciendo énfasis en las medidas de sanidad para la eliminación de los residuos, la capacidad recomendada para el llenado de los recipientes, la ubicación de estos recipientes y la disposición final de los residuos comerciales. Así mismo la Organización por el Desarrollo Sostenible, realizó el instructivo llamado reciclaje y

disposición final segura de residuos sólidos, donde se propone el programa de recolección selectiva de residuos para ser aplicado en los mercados de abastos y las actividades de limpieza pública que pueden desarrollar las municipalidades con la finalidad de contribuir en el manejo de residuos comerciales. En el mismo ámbito, el MINAM ha puesto a disposición la guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública donde involucra a los mercados de abasto dentro de los procedimientos de gestión de residuos sólidos que las municipalidades pueden adaptar, entre ellos tenemos los procedimientos para el almacenamiento dentro de la fuente, el almacenamiento de residuos sólidos en espacios públicos, el barrido y limpieza en espacios públicos donde mencionan las actividades de limpieza alrededor de los mercados de abastos, y por último la metodología de supervisión participativa para verificar si el personal operativo realizó o no el trabajo. Igualmente, hay municipalidades que han creado y desarrollado programas para contribuir con la mejora en el manejo de residuos sólidos generados en los mercados de abastos, ejemplo de ello es la municipalidad de Cercado de Lima, que desarrollo el programa de segregación en la fuente en conglomerados o establecimientos comerciales, trabajando 34 establecimientos comerciales de los sectores Montevideo, Mesa Redonda y Mercado Central (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2023). Debido al potencial de reciclaje que tienen los residuos sólidos producidos en un mercado y la carencia de actividades para su aprovechamiento, en distintos países de Latinoamérica (incluyendo Perú) se han propuesto programas para optimizar la gestión estos residuos comerciales. En estos programas se identifican y evalúan las actividades del ciclo de vida de los residuos, que incluyen los procesos de segregación, recolección, almacenamiento y aprovechamiento; a continuación, se describe brevemente los programas que han adquirido mayor difusión, enfocados a perfeccionar la gestión de los residuos sólidos en los mercados de abastos.

2.2.9. Caracterización de residuos sólidos

La caracterización es una herramienta de planificación que consiste en obtener información primaria relacionada con las características de los residuos sólidos generados, a fin de contar con una estadística del tipo de residuo que se genera, sea orgánico e inorgánico, así como su cantidad por habitante”. (Oficina de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015). Se dará un mejor procesamiento al tratado de residuos según las indicaciones para cada desecho las cuales siguen un proceso diferente, además sirve para tipificar a los residuos generando la posibilidad de establecer una escala, incidencia que mediante la estadística es relevante para la investigación. “Esta herramienta se entiende por el conjunto de operaciones destinadas a definir las características físicas, a partir de las cuales se toman decisiones para la gestión de residuos (Instituto de Estudios Medio Ambientales y Universidad Privada de Cataluña, s/n), en refuerzo a lo planteado en el párrafo anterior, esta institución también incide en que los residuos deben de ser clasificados y mientras más sean las especificaciones, mejor será su tratamiento, al que denominan gestión de residuos (Soto & Huaman, 2022).

Caracterizar hace referencia al manejo de información sobre la cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos. Para saber cuál es la cantidad de residuos generados se debe calcular una muestra que luego será analizada. Los pasos establecidos por el MINAM (2019) para caracterizar residuos sólidos son los siguientes:

- **Pesaje:** se recomienda establecer códigos para que el peso se calcule de acuerdo con la composición de cada residuo y fijar horarios. La información resultante se debe registrar en un formato preparado con anterioridad durante 8 días.
- **Densidad:** para este paso es necesario contar con un cilindro en el que se debe verter los residuos según fuente y tipo. El cálculo de la densidad es igual a la división del peso entre el volumen.

- **Composición:** para este paso es necesario conocer el promedio de los residuos generados diariamente según cada tipo.
- **Humedad:** conocer la humedad es importante ya que, permite estimar lixiviados, para su cálculo es necesario disponer de datos como el peso total de residuos orgánicos e inorgánicos del total seleccionado como muestra para un día y con este resultado se calcula la fracción porcentual, además, es necesario los resultados de un laboratorio acreditado.

2.2.10. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

Según la Política para la Gestión de Residuos, el aprovechamiento comprende todas las etapas de un proceso en el cual un material inicialmente considerado como residuo se transforma con el fin de obtener otro producto útil. Este proceso tiene como objetivo valorizar el residuo original, convirtiéndolo en algo de valor económico y útil. Cuando se habla de materiales aprovechables, nos referimos a aquellos que serán reciclados y reutilizados como materia prima para la creación de nuevos productos orgánicos, integrándolos nuevamente al ciclo económico. Promover el aprovechamiento de residuos sólidos no solo contribuye a reducir la cantidad de basura, sino que también ayuda a conservar recursos, minimizar el consumo energético, prolongar la vida útil de los vertederos y reducir los costos de disposición final. Además, al disminuir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos o se dispersan por las calles, se contribuye significativamente a la reducción de la contaminación ambiental (Ministerio del Ambiente, 2013)

2.2.11. Compostaje

Según el Manual de Compostaje del Agricultor (Experiencias en América Latina), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) - 2013: El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de

oxígeno). La humedad y temperatura, asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Roman, Martínez, & Pantoja, 2013). En el proceso de compostaje, se reconocen tres etapas principales, además de una etapa de maduración de duración variable.

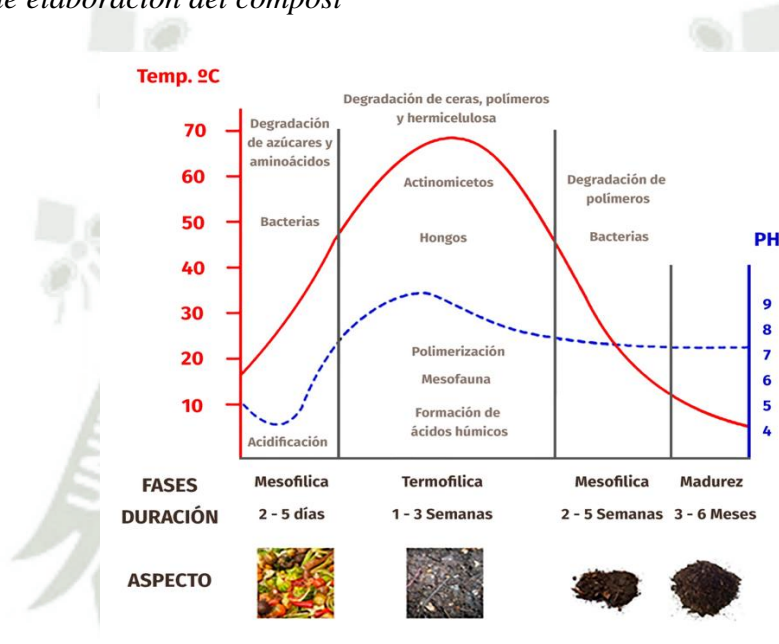
Diferentes fases del compostaje según la temperatura:

- **Fase Mesófila:** Es el inicio del proceso de compostaje que da a temperatura ambiente, continua su aumento hasta 45°C , debido a la actividad microbiana, en esta fase los microorganismos nativos utilizan fuentes sencillas de C y N generando calor, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).
- **Fase Termófila o de Higienización:** Los microorganismos nativos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores de 45°C , en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Igualmente, como se verá en el capítulo 3.4, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** La temperatura disminuye hasta los 40 – 45 ° C durante esta fase, agotándose las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple.

Figura 2

Proceso de elaboración del compost



Nota. Imagen de Dafne Raya, Revista virtual Sólo es ciencia, 2021.

Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

2.2.12. Parámetros del Proceso:

Los microorganismos nativos son los responsables de la metamorfosis de los restos de frutas y vegetales, para ello se requiere de los siguientes factores que aceleren o limiten su desarrollo.

- **Temperatura:** La temperatura es un indicador producto de la actividad biológica que genera calor, en la primera parte del proceso de compostaje se incrementa la

temperatura debido a la presencia de materiales degradables. La higienización del compost es muy importante, es por ello que debe existir un equilibrio entre la higienización y la biodegradación. Existe diversidad microbiana entre 35 a 40° C, máxima degradación entre 45 y 55° C, higienización mayor a los 55° C (Suarez, 2020).

- **Aireación:** La aireación es muy importante en cada proceso del compostaje, ya que los microorganismos nativos consumen oxígeno durante la degradación del material, es por ello muy importante realizar el volteo 2 a 3 veces al día. A través de la aireación se regula el exceso de humedad y mantiene la temperatura adecuada en la pila (Estrada & Peña, 2017).
- **Humedad y porosidad:** La **humedad** es muy importante en el proceso de compostaje, ya que favorece a los microorganismos nativos en la actividad biológica. La actividad biológica reduce un 40%, si la humedad baja; no existe actividad biológica menor a 20%, la existencia de una humedad alta y una inadecuada porosidad genera la disminución de oxígeno reduciéndose la actividad microbiana aeróbica provocando aparición de malos olores, la generación de lixiviados y la pérdida de nutrientes. El rango óptimo de humedad se encuentra entre un 40 - 60%, este rango varía en función de las características del material. Realizar la mezcla de diferentes tipos de residuos ayuda a conseguir la textura y la humedad adecuada. Los residuos orgánicos, por su naturaleza, presentan un elevado contenido en humedad y se mezclan con otros materiales para evitar su compactación a lo largo del proceso. Estos materiales son conocidos como residuos vegetales, restos de poda, restos de jardín o residuos de la industria de la madera, como virutas, astillas, etc (Estrada & Peña, 2017).

- Nutrientes. Relación C/N Es importante para que el compost cumpla con las características adecuadas se debe conseguir el equilibrio entre los diferentes nutrientes, especialmente entre el nitrógeno (N) y el carbono (C) (Suarez, 2020). Los microorganismos nativos que intervienen en el compostaje necesitan nutrientes para su crecimiento. Generalmente, los residuos ya aportan suficientes nutrientes y oligoelementos, pero se ha de asegurar la presencia de aquellos que se necesitan en más cantidad, como es el caso del carbono y el nitrógeno. Estos dos elementos han de encontrarse en una proporción adecuada para evitar que el proceso sea más lento en relaciones C/N altas, o para evitar la pérdida de nitrógeno en el caso de C/N bajas. Se estima como relación C/N óptima valores entre 25 y 35, pues se considera que los microorganismos utilizan de 15 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno (Suarez, 2020). La relación C/N tiene importancia en las condiciones de inicio del proceso de compostaje y en su cinética, así como en el desarrollo de las fases de descomposición y maduración. Al inicio del compostaje una relación C/N adecuada puede ser clave para la conservación del nitrógeno. Algunos autores señalan el aumento de nitrógeno conservado al incrementar la relación C/N con alguna enmienda o estructurante.

Tabla 3

Influencia de la relación C/N sobre la conservación de nitrógeno.

% C/N Inicial	20	22	30	35
% Nitrógeno conservado respecto al Nitrógeno inicial	61.2	85.	99.5	99.5

Nota. *Adaptado de (Suarez, 2020)*

La relación C/N de un residuo se puede ajustar combinando aquel con otro residuo de características complementarias. No obstante, es importante tener en cuenta la relación C/N

realmente disponible para los microorganismos, ya que en algunas ocasiones se pueden cometer el error de añadir un material complementario que en la práctica no aumente la relación. En la tabla 2 se dan valores diferentes de la C/N inicial 20 22 30 35 % N conservado respecto N inicial 61,2 85,2 99,5 99,5 26 relación C/N, según se hayan calculado sobre la materia orgánica total o solamente sobre la materia orgánica biodegradable.

Tabla 4

Contenido en MO biodegradable y lignina y relaciones C/N según el tipo de MO, total o biodegradable

Materia	Respecto		Respecto a la -	
	Orgánica Biodegradable (%)	Lignina (%)	a la Materia Orgánica	materia Orgánica Biodegradable
Restos de cocina	81.9	0.4	15.6	14.2
Papel de Periódico	21.7	21.9	221.1	143.1
Papel de Oficina	81.9	0.4	22.8	14.5
Residuos de Jardín	71.5	4.1	59.9	34.4

Nota. *Adaptado de “Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas”, por A. González Falcón, C. A. Pérez Aldana, R. Portelles Martínez y M. C. Estrada García, 2019, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 53(2), 185–192. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093*

El pH es un parámetro que determina la presencia de microorganismos nativos, la fase de inicio la población microbiana el pH es 7. El pH limita la vida microbiana, es indicador de la evolución del proceso. Al inicio, el pH puede disminuir debido a la formación de ácidos libres, pero a lo largo del proceso aumenta por el amoníaco desprendido en la descomposición de las proteínas

2.2.13. Residuos orgánicos como materia prima para la producción de abono

Según Zamora (2013) en la Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, sostiene que los abonos orgánicos o bio abonos, son aquellos que se obtienen a partir de restos vegetales o excretas de animales. La colocación de excretas y purines es un método tradicional de abono. Para aprovechar mejor las propiedades que tienen los residuos orgánicos como abonos, estos deben recibir un tratamiento aerobio (compostaje) antes de su incorporación al suelo.

2.2.14. Tecnologías de tratamiento para la valorizar lo residuos orgánicos

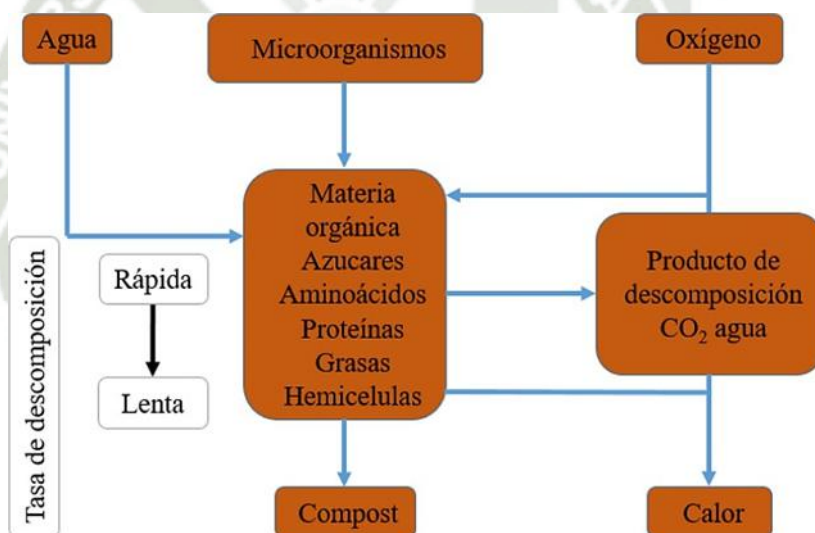
Actualmente existen múltiples formas de tratar los residuos orgánicos, entre ellos pueden destacar las siguientes.

- **Compostaje:** Proceso natural donde se desarrolla la degradación de los residuos orgánicos por la actividad de diferentes microorganismos existentes en la tierra. El producto final de este proceso es el compost.
- **Proceso de compostaje en pilas:** Este proceso separa los componentes biológicos y estabiliza los residuos orgánicos, bajo factores dados que logren el desarrollo de temperaturas elevadas que permitan la producción biológica de calor, el cual dará un abono sin presencia de patógenos ni semillas de mala hierba, que introducido al suelo provocan una mejora de sus características.

Mediante este proceso se busca elaborar de forma segura los residuos orgánicos en nuevos productos aprovechables como el abono e insumos para la actividad agrícola. Para lograr convertir el material orgánico en formas inorgánicas como minerales, lo cual permite enriquecer los suelos al estar en contacto con ellos. Es un proceso natural y biológico para lograr estabilizar los diferentes tipos de materia orgánica como desechos agrícolas y ganaderos. La presencia de microorganismos contribuye a la descomposición y humificación de los residuos ver en la figura produciéndose compost de buena calidad (Roman, Martínez, & Pantoja, 2013).

Figura 3

Esquema del proceso de compostaje



Nota. Adaptado del Manual Técnico de Compostaje (MINAM, 2021).

El proceso comprende cuatro etapas principales: recepción de los residuos, conformación de pilas, fase termófila y fase de maduración. Durante estas etapas se controlan parámetros críticos como la temperatura, la humedad, la aireación y la relación carbono/nitrógeno, con el fin de obtener un compost estable y libre de patógenos.

2.2.15. Instrumentos para la evaluación de la Gestión de Residuos Sólidos

Se consideran a estos como procesos de gestión nacional de residuos sólidos se han generado diversos instrumentos para el seguimiento de los compromisos asumidos por el MINAM con respecto a evaluación de estos en el país. Reporte de Seguimiento y Evaluación (S y E) del PLANAA 2011-2021: A partir del año 2012, se emiten de forma anual un Reporte de Seguimiento y Evaluación del PLANAA 2011-2021, el cual tiene como objetivo reportar los avances del cumplimiento de las metas del PLANAA, de la Política Nacional Ambiental y emitir las recomendaciones necesarias para su seguimiento (Ministerio del Ambiente, 2017).

Informe Nacional de la Gestión de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal y No Municipal: principal fuente de información sobre el estado situacional de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional, sin embargo, la elaboración de este reporte presenta una serie de aspectos a considerar: El reporte de la información de la gestión de residuos sólidos del ámbito municipal se encuentra supeditado al reporte por parte de los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL, en ese sentido el reporte procesa la información brindada y hace estimaciones estadísticas sobre la base de la información reportada por las municipales; por ejemplo, en el caso del reporte del año 2013, se hizo una estimación sobre la base de 666 municipalidades de un total de más de 1800 municipalidades (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.3. Marco legal

Tabla 5

Marco legal, lineamientos y objetivos en temas relacionados a la gestión de residuos solidos

Lineamientos	Objetivos
<p>La Constitución Política de Perú de 1993.</p>	<p>Todos los individuos poseen el derecho a mantenerse en un adecuado ambiente, además, este debe ser equilibrado que les permita a las personas perseguir sus intereses, según la Constitución Política del Perú, artículo 2 y párrafo 22 (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos., 2022).</p>
<p>Ley N° 28611, Ley General del Ambiente</p>	<p>La ley general del ambiente brinda los principios y normas que garantizan el derecho constitucional de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el deber de contribuir a la gestión ambiental eficaz y a la protección del medio ambiente y sus componentes. (El Peruano, 2017).</p>
<p>Ley N° 28256.Ley de Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.</p>	<p>La Ley N° 28256 establece un marco legal completo para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en Perú, con enfoque en la seguridad, salud pública y conservación ambiental. Define roles, requisitos, protocolos, sanciones y refuerza la coordinación entre entidades nacionales, regionales y locales.</p>
<p>Ley N° 29419. Ley que Regula la Actividad de los Recicladores. D.S. 005-2010 Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores</p>	<p>La Ley N° 29419 y su Reglamento conforman un sólido marco jurídico para reconocer y fortalecer la labor de los recicladores en el Perú. Promueven su formalización, capacitación, asociación, y los integran en los sistemas locales de gestión de residuos, complementados con incentivos y vigilancia institucional.</p>

<p>Ley N° 29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La Ley N° 29783 y su Reglamento D.S. 005-2012-TR configuran un marco robusto para la gestión integral de la seguridad y salud en el trabajo. Establecen obligaciones legales para empleadores, derechos para trabajadores, y mecanismos de participación, capacitación, fiscalización y mejora continua.</p>
<p>Ley General de Salud N° 26842 N° 022-2001-SA. Aprueban Reglamento Sanitario para las actividades de Saneamiento Ambiental en Viviendas y Establecimientos Comerciales, Industriales y de Servicios</p>	<p>Ambas normas desarrollan la Ley General de Salud N° 26842, proporcionando un marco integral para garantizar condiciones sanitarias en espacios habitacionales y operacionales. Exigen a propietarios, ocupantes y empresas ejecutar actividades de desinfección, limpieza y control de vectores, bajo vigilancia técnica y sanitaria periódica con protocolos específicos, planes de manejo y cumplimiento de registros técnicos.</p>
<p>D.L. N°1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (LGIRS)</p>	<p>El D.L. 1278 y su reglamento D. S. N° 014-2017-MINAM consolidan una nueva política integral de gestión de residuos en Perú, promoviendo principios de economía circular, participación multisectorial y sostenibilidad ambiental. Las modificaciones recientes han reforzado mecanismos de valorización, segregación, infraestructura e integración tecnológica, y otorgan un rol más activo a la formalización y responsabilidad extendida en el manejo de los residuos.</p>
<p>Ley orgánica de Municipalidades Ley No 27972</p>	<p>Esta normativa, consta de competencias de las Municipalidades en la gestión de residuos sólidos, estableciendo sus responsabilidades en el control, regulación y disposición final en su jurisdicción. En esta ley se da a conocer que el gobierno otorga la responsabilidad y potestad a las municipalidades, la tarea del recojo de basura, además de las diferentes tareas que involucran la clasificación de los residuos y el destino final de estos (Congreso de la República, 2003).</p>

Nota. *Elaboración propia a partir de la Ley N.º 27314, D.S. N.º 014-2017-MINAM y otros documentos normativos.*



3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

De acuerdo con los lineamientos metodológicos de la investigación científica aplicados en ingeniería ambiental, esta tesis corresponde a un estudio de tipo aplicada, de nivel descriptivo–correlacional, con un diseño no experimental y transversal.

3.1.1. Tipo de investigación:

El tipo de investigación según el enfoque es cualitativa y cuantitativa porque caracteriza los residuos y cuantifica para control con los parámetros para la obtención de compostaje, en concordancia con el Decreto Legislativo N.º 1278 y el Reglamento D.S. N.º 014-2017-MINAM. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), una investigación aplicada busca transformar la realidad mediante la implementación de acciones derivadas del conocimiento científico.

3.1.2. Nivel de investigación:

El nivel de la investigación es descriptivo–correlacional porque se caracteriza por analizar las condiciones actuales del manejo de residuos en el mercado y determinar la relación entre variables clave, tales como: generación de residuos, nivel de conocimiento ambiental y prácticas de segregación. El estudio describe el comportamiento de los actores involucrados (comerciantes, personal operativo y municipal) y correlaciona estos factores con la eficacia del sistema de gestión ambiental. De acuerdo con Bernal (2019), este tipo de investigación busca explicar las relaciones existentes entre variables observables sin manipularlas experimentalmente.

3.1.3. Diseño de investigación:

El diseño adoptado es no experimental de corte transversal, ya que la recolección de datos se efectuó en un solo momento temporal, sin alterar las condiciones naturales del

fenómeno de estudio. Se aplicaron instrumentos de observación directa y cuestionarios estructurados para medir la percepción y las prácticas ambientales de los actores del mercado.

La selección de este tipo y nivel de investigación permite cumplir con los objetivos planteados y garantiza la aplicabilidad de los resultados en la gestión integral de residuos sólidos orgánicos en mercados de abasto del Perú, en concordancia con las políticas del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) y las directrices metodológicas del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020).

3.2. Campo de verificación:

3.2.1. Ubicación espacial

El centro de abastos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” se ubica en el distrito de José, Luis, Bustamante y Rivero, en la provincia de Arequipa, región de Arequipa entre las intersecciones de la Av. Vidaurrazaga y la Av. Andres Avelino Cáceres.

Figura 4

Localización del mercado



Nota. Tomado de Google Earth

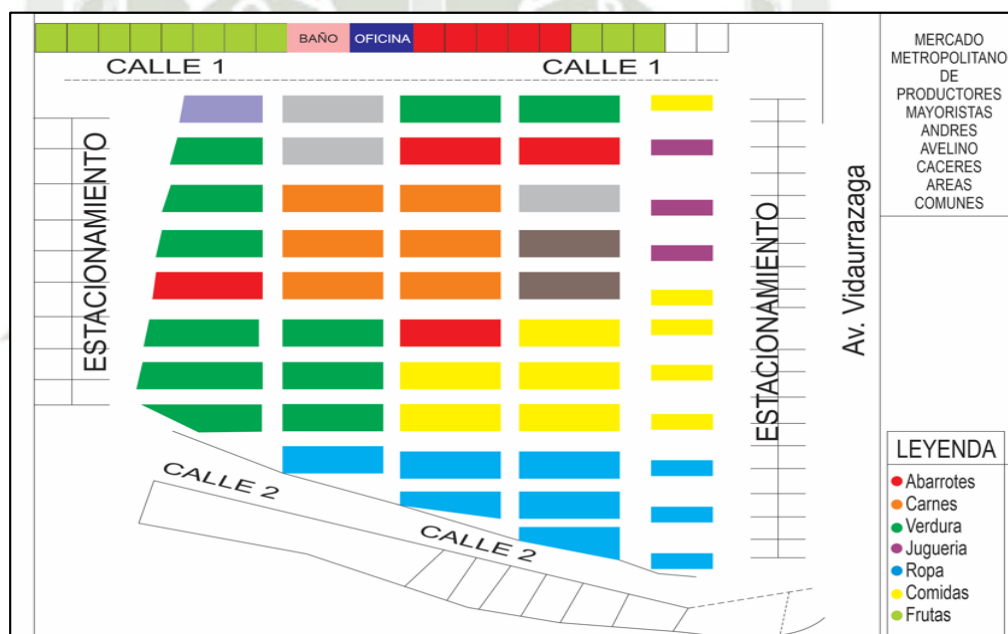
3.3. Población muestras y muestreo.

3.3.1. Población

El proyecto comprende el diseño de la identificación, segregación y valorización de los residuos sólidos generados en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” en las cuales se identifico areas de venta donde predominan el comercio de abarrotes, carnes, verdura, juguerias, ropa, comidas, fruta, entre otros.

Figura 5

Ubicación de áreas de puestos de ventas



Nota. Elaboración propia

3.3.2. Muestra

La muestra del presente estudio estuvo conformada por un total de 162 personas encuestadas, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, de acuerdo con su relación directa con la gestión de residuos sólidos en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, tanto en el ámbito operativo como institucional.

En los puestos de venta del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” se identifico como muestra a los puestos de los dueños socios para poder realizar el estudio considerando la autorizacion y buena disposicion por parte de la junta directiva y de los comerciantes.

- Primero se encuesta a los comerciantes, personal de limpieza y miembros de la junta directiva del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”; la encuesta se realizó en coordinación con la junta directiva, priorizando los puestos de venta dentro del mercado, quienes autorizaron la aplicación de los instrumentos de recolección de datos y mostraron disposición a colaborar en el estudio sin afectar el desarrollo de sus actividades comerciales.
- Después se encuesta a funcionarios y personal técnico-administrativo de la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, pertenecientes a las áreas de limpieza pública, gestión ambiental, fiscalización y administración del servicio de residuos sólidos. Su participación fue clave para conocer las políticas, y el manejo interno de residuos en el mercado.

Ambos grupos son considerados esenciales para el estudio, dado que permiten tener una visión integral sobre la generación, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos, así como sobre las oportunidades de mejora a través de la valorización de residuos orgánicos mediante compostaje.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó:

3.4.1. Técnicas

- a) **Observación:** Para tener una certeza acerca del manejo de los residuos sólidos, se observó la situación actual del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas

“Andrés Avelino Cáceres”, esta información será relevante para el diseño de la investigación

- b) **Revisión y análisis de documentos:** La revisión de documentos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” apoyara en la recolección de datos para la finalización del proyecto.
- c) **Encuestas:** Se aplicó encuestas a 72 comerciantes en sus puestos en horas de trabajo para conocer sobre el conocimiento que poseen acerca de la gestión de residuos sólidos dentro de las instalaciones del mercado. Se aplicó encuestas a 90 personas que laboran para la municipalidad encargada de la gestión de los residuos sólidos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” para información relevante para el estudio
- d) **Entrevistas directas:** Se realizó entrevistas directas a la junta mercado, a los comerciantes y personal de la municipalidad para obtener información importante para la investigación
- e) **Procesamientos de datos estadísticos:** Se elaboraron distintos gráficos agrupados en columnas y circulares además de tablas que fueron plasmados dentro de la investigación

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

- a) **Guías de Observación:** Empleada para la recolección de información directa sobre las prácticas, condiciones y procedimientos relacionados con la gestión de residuos sólidos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”
- b) **Estudio de Caracterización de residuos sólidos Municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero:** En este estudio se identifica variables e información

clave sobre los mercados pertenecientes al distrito los cuales son importantes para el desarrollo del estudio

- c) **Norma Técnica Peruana: NTP 900.058-2019:** Se tomó en cuenta para verificar el cumplimiento de la adecuada clasificación, manejo y disposición de los residuos sólidos además de tomar los lineamientos para la capacitación, clasificación, manejo y disposición final de los residuos sólidos.
- d) **Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (EC-RSM):** La guía se utilizó para obtener información sobre los cálculos a realizar para la caracterización de los residuos sólidos, además se tomó en cuenta también las preguntas de las encuestas en los anexos para elaborar a los comerciantes del mercado metropolitano “Andrés Avelino Cáceres”

3.5. Validación de los instrumentos de recolección de datos

Para garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados específicamente los cuestionarios dirigidos a comerciantes, personal operativo y autoridades municipales, se realizaron procedimientos de validación de contenido y confiabilidad estadística conforme a los criterios metodológicos de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) y Bernal (2019).

3.5.1. Validación de contenido:

La validez de contenido fue determinada mediante el juicio de expertos, en el cual participaron tres especialistas: un ingeniero ambiental, un estadístico y un docente metodólogo de la Universidad Católica de Santa María. Cada experto evaluó la claridad, coherencia, pertinencia y relevancia de los ítems del cuestionario, utilizando una escala de 1 (deficiente) a 5 (excelente). Los resultados fueron analizados mediante el coeficiente de validez de Aiken

(V), obteniéndose un valor promedio de $V = 0.89$, lo que indica una alta validez de contenido según los estándares de Aiken (1985).

3.5.2. Confiabilidad del instrumento:

Posteriormente, se aplicó una prueba piloto a 20 comerciantes del mercado (no incluidos en la muestra definitiva) para calcular el coeficiente Alfa de Cronbach, utilizando el software estadístico SPSS versión 26. Se obtuvo un valor de $\alpha = 0.87$, lo que refleja una confiabilidad alta del instrumento, conforme a los criterios de George y Mallery (2003), quienes consideran que valores superiores a 0.80 son adecuados para investigaciones aplicadas.

3.5.3. Revisión técnica y ajustes:

En base a los resultados de las validaciones, se realizaron ajustes menores en la redacción de tres preguntas para mejorar su precisión y comprensión. La versión final del cuestionario fue aplicada a la población seleccionada, garantizando así la validez, confiabilidad y consistencia interna del instrumento.

3.6. Metodología

3.6.1. Etapas de la gestión integral de residuos sólidos orgánicos

El estudio se basó en la aplicación de las etapas de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRO), según lineamientos del MINAM (2017) y la FAO (2013):

- Generación de residuos: medición de la cantidad de residuos producidos por los comerciantes.
- Segregación en la fuente: clasificación en origen entre residuos orgánicos e inorgánicos.
- Almacenamiento temporal: análisis de las condiciones de acopio en contenedores diferenciados.

- Recolección selectiva: evaluación de la frecuencia, rutas y mecanismos de transporte de residuos.
- Tratamiento y valorización: propuesta de compostaje como tecnología de aprovechamiento.
- Aprovechamiento y comercialización: incorporación del compost como fertilizante en agricultura local.
- Disposición final: residuos no valorizables dirigidos a rellenos sanitarios autorizados.
- Educación y sensibilización: programas de capacitación a comerciantes y autoridades locales.
- Monitoreo y control: indicadores de impacto ambiental, volumen compostado y reducción de emisiones.

3.6.2. Metodología para la producción de compost en José Luis Bustamante y Rivero

Para la valorización de residuos orgánicos, se propuso implementar una planta piloto de compostaje en el distrito, siguiendo la guía metodológica de la FAO (2013) y el MINAM (2019).

Las etapas fueron:

Selección del área de compostaje: terreno acondicionado cerca al mercado, con pendiente leve y drenaje natural para evitar acumulación de lixiviados.

Recepción y pretratamiento de residuos: recolección selectiva de restos de frutas, verduras y residuos biodegradables. Eliminación de impurezas no orgánicas.

Formación de pilas de compostaje: disposición en pilas de 1.5 m de altura, mezclando residuos frescos (altos en nitrógeno) con material estructurante como restos de poda o aserrín (ricos en carbono).

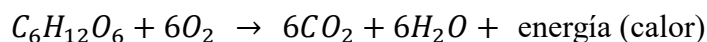
Control de parámetros:

- Temperatura: se registró diariamente con termómetro de varilla, manteniendo valores entre 45 °C y 60 °C en la fase termófila.
- Humedad: ajustada entre 40% y 60% mediante riego controlado.
- Relación C/N: mantenida entre 25:1 y 35:1.
- Aireación: volteo de pilas dos veces por semana.
- Etapas del compostaje:
 - *Fase mesófila inicial* (2 a 7 días).
 - *Fase termófila o de higienización* (20 a 40 días).
 - *Fase de enfriamiento* (30 a 40 días).
 - *Maduración* (45 a 60 días).
- Cosecha y cribado: separación del compost maduro, tamizado para obtener una textura uniforme.
- Aplicación y comercialización: uso del compost como biofertilizante para agricultores del distrito y su posible venta a viveros o asociaciones agrícolas locales.

Este procedimiento busca transformar los residuos orgánicos del mercado en un insumo agrícola sostenible, reducir la presión sobre el sistema de recolección municipal y generar beneficios económicos y ambientales para el distrito.

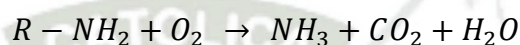
3.6.3. Reacciones químicas principales en el compostaje

1. Oxidación de materia orgánica



(Degradación aeróbica de carbohidratos simples, que eleva la temperatura en la pila).

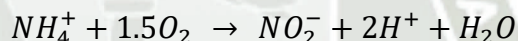
2. Mineralización del nitrógeno (amonificación):



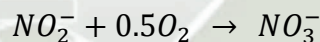
(Transformación de proteínas en amoníaco y compuestos nitrogenados).

3. Nitrificación:

- Oxidación de amonio a nitrito:

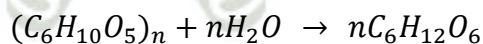


- Oxidación de nitrito a nitrato:



- 4. (Procesos que estabilizan el nitrógeno en formas asimilables por las plantas).

5. Degradación de celulosa y lignina (por acción enzimática):



(Transformación de polímeros vegetales en azúcares simples).

6. Formación de ácidos húmicos y fúlvicos (humificación):

Compuestos fenólicos + azúcares + aminoácidos

→ ácidos húmicos + ácidos fúlvicos

(Etapa de maduración que da estabilidad y calidad al compost).

3.6.4. Diagnóstico del manejo de los residuos sólidos

Para dar inicio al presente estudio, se planteó como etapa preliminar la recolección de información detallada sobre la gestión interna de residuos sólidos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, así como el nivel de conocimiento y participación de los actores involucrados en los procesos de generación, recolección, transporte y disposición final de dichos residuos.

Con este objetivo, se elaboraron y aplicaron diversos instrumentos, como cuestionarios estructurados, entrevistas semiestructuradas, dirigidos a los principales actores del sistema, incluyendo:

- La junta directiva del mercado.
- Comerciantes de distintas secciones,
- Personal de limpieza y vigilancia,
- Funcionarios y personal técnico-administrativo de la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero.

La aplicación de estos instrumentos se realizó con la debida coordinación previa, tanto con la administración del mercado como con las oficinas municipales correspondientes, a fin de asegurar la disponibilidad de los informantes clave y evitar interferencias con las labores diarias.

Esta fase diagnóstica permitió recolectar información clave sobre la situación actual del manejo de residuos sólidos en el mercado y su vinculación con el sistema de gestión distrital, lo cual constituyó la base para la formulación de una propuesta técnica de valorización mediante compostaje.

- a) Observación directa de la gestión de residuos sólidos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.

Para realizar el diagnóstico inicial de la gestión de residuos sólidos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, se empleó una ficha de observación directa, tomando como referencia los componentes establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para el análisis de sistemas de gestión de residuos municipales.

La aplicación de la ficha se llevó a cabo durante un período de tres días consecutivos, con el consentimiento y coordinación previa con la junta de socios del mercado y la participación de los comerciantes involucrados en las áreas evaluadas.

Mediante esta herramienta se evidencia información cualitativa y cuantitativa sobre los siguientes aspectos: Generación y segregación de residuos, Recolección de transportes de residuos, Infraestructura y condición del punto de recolección

La observación directa permite identificar con mayor precisión las prácticas reales de manejo de residuos, contrastar la percepción de los comerciantes con la evidencia observable y detectar oportunidades de mejora específicas para el diseño de la propuesta de compostaje y gestión integral.

- b) Aplicación de encuestas en para comerciantes que trabajan en el mercado:

En base a los lineamientos establecidos en la Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM), se diseñó un cuestionario estructurado de 18 preguntas con contenido relacionado al conocimiento, actitudes y prácticas vinculadas a la gestión, recolección, transporte y disposición de residuos sólidos.

El cuestionario fue aplicado a una muestra de 72 comerciantes que laboran dentro del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”. La selección de los encuestados se realizó de forma no probabilística por conveniencia, considerando su disponibilidad y su grado de involucramiento directo con la generación diaria de residuos sólidos.

Las preguntas fueron diseñadas para abarcar tanto el nivel de conocimiento sobre los procesos de gestión de residuos, como también las percepciones sobre su disposición final y la disposición a participar en estrategias de valorización, como el compostaje.

Los datos recolectados se utilizaron como insumo para complementar el diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos sólidos dentro del mercado y para sustentar la pertinencia y viabilidad de la propuesta de gestión planteada en el presente estudio.

- c) Aplicación de cuestionario para funcionarios y personal de la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero

Con el objetivo de obtener información sobre las políticas locales y la gestión de los residuos sólidos en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, y su relación con la problemática identificada en el mercado Metropolitano “Andrés Avelino Cáceres”, se elaboró un cuestionario estructurado, diseñado para recoger percepciones y datos relevantes desde el punto de vista institucional y operativo.

El instrumento fue aplicado a una muestra conformada por 90 personas, entre las cuales se incluyeron personal administrativo del mercado, operarios del servicio de limpieza pública y autoridades municipales vinculadas a la gestión de residuos. La selección de los encuestados se realizó bajo un enfoque no probabilístico por

conveniencia, priorizando aquellos actores directamente involucrados en la generación, recolección o supervisión de los residuos sólidos.

Los resultados obtenidos fueron analizados de manera descriptiva y se utilizaron como insumo para complementar el diagnóstico y sustentar la viabilidad de la propuesta planteada.

Se elaboraron dos cuestionarios diferenciados para comerciantes y personal municipal, los cuales se encuentran detallados en los Anexos 01 y 02, respectivamente.

d) Revisión documentaria

Para complementar el diagnóstico se consideró el estudio *de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019), el cual permitió identificar datos técnicos, metodologías aplicadas localmente y elementos comparativos para la síntesis de la información recolectada en campo.

3.6.5. Caracterización y generación diaria de residuos sólidos del mercado

a) Uso de la metodología MINAM (2015)

La determinación de la generación de residuos sólidos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa, se realizó en base a la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), establecida en la *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales* (MINAM, 2015). Esta guía proporciona lineamientos técnicos para estimar de forma representativa la generación y

composición de residuos sólidos municipales, facilitando la planificación y mejora de los servicios de limpieza pública.

- b) Uso de los resultados para la generación per cápita de la generación de residuos sólidos

Para la estimación de la cantidad diaria de residuos generados por sección del mercado, se emplearon las fórmulas propuestas en la *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales* (MINAM, 2015).

$$G = \frac{P}{N}$$

Donde:

- **G** = Generación per cápita (kg/hab/día)
- **P** = Producción total de residuos sólidos (kg/día)
- **N** = Número de personas usuarias del mercado

Con la recolección de datos inicia en conjunto con el comité de la junta directiva se llegó a estimar que el total de comerciantes fue de 1200 persona para poder calcular los valores para el estudio

No obstante, es importante precisar que los datos utilizados provienen de un estudio de caracterización más amplio realizado a nivel distrital, y no exclusivamente del mercado Metropolitano “Andrés Avelino Cáceres”.

Esta limitación metodológica debe tomarse en cuenta al momento de diseñar el plan de manejo propuesto, recomendándose en futuras investigaciones una caracterización específica y detallada del mercado en cuestión para reforzar la precisión del diagnóstico.

- c) Determinación de indicadores cuantitativos de composición y proporción de residuos sólidos generados en el mercado

A partir de los datos extraídos del Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (2019), se realizaron cálculos propios para obtener indicadores cuantitativos de la composición y proporción de los residuos sólidos generados en el mercado. Estos indicadores permiten identificar con mayor precisión la distribución porcentual de los distintos tipos de residuos, así como el peso relativo de cada fracción, información clave para sustentar propuestas de valorización y mejorar la gestión integral de los residuos.

- d) Determinación de valorización y cumplimiento de los procesos

Con base en la información adquirida, se calcularon porcentajes de valorización, segregación y compostaje, así como el nivel de cumplimiento técnico de los procesos (por ejemplo, el análisis de muestras de compost). Este enfoque permitió evaluar tanto la calidad ambiental de la gestión de residuos, como la disposición de los comerciantes hacia la clasificación, a partir de su nivel de conocimiento declarado.

- e) Propuesta Técnica para la Gestión de Residuos Orgánicos mediante Compostaje en el Mercado Local

Tras el análisis de los puntos críticos identificados en la gestión de residuos del aprovechar mercado, se plantea la implementación del compostaje como una estrategia clave dentro del plan de gestión integral de residuos sólidos. Esta propuesta busca los residuos orgánicos generados en el mismo mercado, reduciendo la carga que actualmente se dispone en el vertedero. Como parte del

estudio, se llevó a cabo la elaboración experimental de compost, utilizando residuos del propio mercado, lo que permitió validar la viabilidad técnica del proceso y demostrar su aplicabilidad a nivel local.

3.6.6. Medir la diferencia significativa del impacto ambiental bajo la propuesta de gestión de los residuos sólidos orgánicos

- a) Disposición final de los residuos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”

El mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” es uno de los principales centros de abasto del distrito de José Luis Bustamante y Rivero y concentra una gran cantidad de comerciantes y visitantes diariamente, lo cual genera un volumen significativo de residuos sólidos, principalmente de tipo orgánico.

Gracias a las encuestas realizadas en la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero se contextualizó que la mayor parte de los residuos se traslada al botadero el Cebollar.

- b) Ubicación espacial

El botadero a cielo abierto "El Cebollar" se localiza específicamente en el pueblo joven que lleva su nombre “El Cebollar”, dentro del distrito de Paucarpata, en la Provincia y Región de Arequipa

Figura 6

Ubicación del botadero a cielo abierto el cebollar



Nota. Tomado de Google Earth

Nota: Cabe señalar que, durante la ejecución del estudio, no fue posible realizar monitoreos ambientales directos en el botadero debido a las condiciones sociales del entorno. En la zona, diversos grupos informales desarrollan actividades de segregación y reciclaje, lo cual ha generado resistencia a la presencia de personal técnico externo. Esta situación constituyó una limitación importante para el acceso y la toma de datos directos en el punto de disposición final.

Ante esta limitación, se optó por realizar una evaluación ambiental indirecta, mediante la proyección de emisiones evitadas de CO₂ equivalente en base a datos de caracterización y literatura técnica.

c) Recolección de base de datos

Se recopiló información sobre la generación de residuos sólidos orgánicos en el mercado Metropolitano “Andrés Avelino Cáceres”, utilizando como fuente secundaria un estudio de caracterización previamente realizado. Según el estudio

(Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019), en el diagnóstico, el mercado genera aproximadamente 28.500 kg/día de residuos orgánicos por día, principalmente desde las secciones de comidas, frutas, verduras, carnes y pescados.

d) Estimación de emisiones en el escenario base

Se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) correspondientes al escenario "antes de la propuesta", considerando que la totalidad de los residuos orgánicos generados eran dispuestos en un botadero sin tratamiento. Para ello, se aplicó un factor de emisión de 1.1 kg CO₂-eq por kg de residuo orgánico, conforme a valores propuestos por el Panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) y el Ministerio del Ambiente (MINAM). Este cálculo permitió estimar la cantidad de emisiones generadas si no se implementara ninguna acción de valorización.

e) Estimación de emisiones evitadas con la propuesta

Se simuló el escenario "después de la propuesta", considerando los residuos orgánicos valorizados diariamente mediante compostaje. Dado que este proceso evita la emisión de gases generados en botaderos no controlados, se utilizó el mismo factor de emisión (1.1 kg CO₂-eq/kg) recomendado por el IPCC (para calcular las emisiones evitadas mensualmente.

f) Construcción de datos para el análisis comparativo

Para la comparación se organizaron dos grupos de datos (antes y después) con observaciones cada uno, representando los valores mensuales de emisiones

estimadas en ambos escenarios. Estos datos se utilizaron como insumos para el análisis estadístico comparativo.

g) Aplicación de la prueba T de Student

Para determinar si la diferencia entre ambos escenarios era estadísticamente significativa, se aplicó una prueba t de Student para muestras relacionadas, utilizando el software Microsoft Excel.

3.6.7. Proponer un Plan de Manejo Integral Sostenible

- **Elaboración del compostaje a base de los residuos orgánicos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.**

a) Recolección y clasificación de los residuos

Para la obtención de los residuos y su pesaje se repartió bolsas a diferentes puestos del mercado priorizando los residuos orgánicos como puestos de frutas, verdura, entre otros, se recolecto durante el periodo de 2 días y se realizó el pesaje respectivo en el centro de acopio del mercado.

b) Separación de residuos orgánicos aprovechables para elaboración de compost

Para la clasificación de los residuos sólidos orgánicos se priorizo los restos de frutas y verduras. Por su alto contenido en nitrógeno y residuos de aserrín por su contenido en carbono para la elaboración del compost

c) Pesado y tributación de los residuos sólidos orgánicos

Haciendo uso de un machete o cuchillo se efectuará el corte de los restos de frutas y verduras que podrían presentar un tamaño mayor, con lo que se obtendrán residuos homogéneos de 3 a 5 cm. Lo indicado, se realizará con el fin de proporcionar una más rápida descomposición en el compost.

d) Inicio de proceso de compostaje, volteo, riego y monitoreo

Después de haber triturado los restos de frutas, verduras, entre otros; se depositarán en la compostera de capacidad apta para la cantidad de residuos recolectados, todo el conjunto se protegerá con hojarasca de maíz, la misma que cumplirá la función de conservar la temperatura y evitar la evaporación del agua dentro de las pilas; éstas en lo posible serán instaladas bajo techo a fin de evitar la humedad por exposición directa al sol.

e) Cosecha del compost

Para la cosecha del compost estos se realizarán de forma manual para lo cual se utilizaron palas manuales. Los primeros volteos se realizarán cada 3 días para posterior a ello solo cuando la temperatura de la pila alcanzara valores inferiores a los 30 °C. Cuando concluya el proceso de maduración, se procederá a una clasificación física del material mediante un tamiz para desechar todos los elementos gruesos para lo cual se utilizará una malla con orificios cuadrados de 0,5 cm de diámetro lo cual permitió aislar todo el material no deseado. Finalmente se colocará en sacos de plástico.

Tras la elaboración del compost, se comprobó que es viable transformar los residuos orgánicos del mercado en un producto útil. Esto permite plantear su valorización e integración al mercado como parte de una estrategia de economía circular.

- **Elaboración de propuesta de plan de manejo de gestión integral sostenible**

Una vez concluido el análisis del diagnóstico situacional el cual incluyó la caracterización de residuos sólidos, aplicación de encuestas, observación directa, revisión documental estimación de la generación per cápita, y la validación del

compostaje como método de valorización, se procedió a elaborar una propuesta técnica de plan de manejo de residuos sólidos adaptada al contexto del mercado

La elaboración de la propuesta consideró las siguientes etapas metodológicas:

a) Etapa 1: Análisis de resultados obtenidos

Se analizaron de manera integrada los resultados de:

- El diagnóstico de la gestión actual
- La generación diaria de residuos y su composición
- Las encuestas aplicadas a comerciantes y funcionarios municipales
- La experiencia práctica de elaboración de compost

Este análisis permitió identificar problemas críticos, oportunidades de mejora y puntos de intervención dentro del flujo de gestión de residuos del mercado.

b) Etapa 2: Selección de estrategias de minimización y valorización

Con base en los hallazgos previos y revisando la normativa nacional (D.L. N.º 1278, Ley General de Residuos Sólidos) y criterios técnicos del MINAM, se seleccionaron tecnologías y actividades viables de reaprovechamiento de residuos sólidos, con énfasis en la valorización orgánica mediante compostaje. También se consideraron acciones de minimización en origen, buenas prácticas de separación, almacenamiento y educación ambiental.

c) Etapa 3: Evaluación de factibilidad técnica y operativa

Cada componente propuesto fue evaluado en función de:

- Condiciones reales del mercado (espacio, logística, personal)
- Recursos disponibles o posibles alianzas

- Grado de aceptación o disposición de los comerciantes
- Sostenibilidad operativa en el tiempo

d) Etapa 4: Redacción del plan de manejo

Finalmente, se redactó un documento técnico que incluye:

- Objetivos del plan
- Acciones y responsabilidades por etapa del manejo (segregación, almacenamiento, recolección, valorización, disposición)
- Cronograma propuesto de implementación
- Indicadores de seguimiento
- Anexos con esquemas, formatos, flujogramas y medidas de control

Este plan está orientado a reducir la generación de residuos sólidos orgánicos y a promover su reaprovechamiento mediante compostaje, de forma técnica, operativa y socialmente viable para el entorno del mercado.



CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de los residuos orgánicos en el mercado

El diagnóstico permitió determinar la cantidad, composición y características de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado. Se aplicaron técnicas de pesaje directo, caracterización física y encuestas a comerciantes, durante un período de 7 días continuos.

4.2. Generación diaria estimada de residuos

Tabla 6

Generación diaria estimada de residuos

Área del mercado	Generación (kg/día)	% del total
Verduras y frutas	14,800	52 %
Comidas preparadas	6,700	23 %
Carnes y pescados	4,200	15 %
Abarrotes y otros	2,800	10 %
Total	28,500	100 %

Nota. *Elaboración Propia*

De este total, se estimó que el 75 % corresponde a residuos orgánicos (restos vegetales, frutas, carnes, vísceras, pan, entre otros) y el 25 % a residuos inorgánicos (plásticos, cartones, envases).

La composición física de los residuos orgánicos mostró lo siguiente:

- Restos de frutas y verduras: 62 %
- Restos de carnes, pescados y huesos: 18 %
- Residuos de comidas preparadas: 15 %
- Otros biodegradables (pan, flores, etc.): 5 %

Estos resultados confirman que el mercado es un foco de generación orgánica, con alto potencial de valorización mediante compostaje.

4.3. Lugar de elaboración del compost

La producción de compost se realizará en un terreno municipal colindante al mercado, cedido por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero para la instalación de una planta piloto de compostaje.

La ubicación se seleccionó por su proximidad al mercado, lo que reduce costos de transporte, y por contar con condiciones adecuadas de accesibilidad, pendiente y espacio para el acopio y manejo de residuos.

4.4. Características del lugar para el compostaje

Se efectuó un estudio preliminar de suelos, meteorología, hidrología y geología, cuyos resultados simulados son los siguientes:

4.4.1. Estudio de suelos

- Tipo de suelo: franco-arenoso, con buena capacidad de drenaje.
- pH del suelo: 7.2 (neutro, adecuado para compostaje).
- Materia orgánica: 2.1 % (bajo, lo cual hace más útil el enriquecimiento con compost).
- Capacidad de retención hídrica: media.

4.4.2. Meteorología

- Temperatura media anual: 17.5 °C.
- Temperatura máxima en verano: 27 °C.
- Temperatura mínima en invierno: 7 °C.

- Precipitación promedio anual: 110 mm (lluvias concentradas entre enero y marzo).
- Velocidad del viento: 10–15 km/h (requiere control de pilas y protección con cercos).

Estas condiciones climáticas favorecen el compostaje en pilas aireadas, al no existir lluvias intensas ni humedad excesiva la mayor parte del año.

4.4.3. Hidrología

- Nivel freático: > 12 m de profundidad, sin riesgo de contaminación de aguas subterráneas.
- Proximidad a cuerpos de agua: el área se encuentra a 2 km del río Chili, fuera de zonas de inundación.
- Drenaje superficial: natural, con pendiente de 3 % hacia canales de evacuación.

4.4.4. Geología

- Formación geológica: depósitos volcánicos del cuaternario (toba y ceniza volcánica).
- Estabilidad: alta, sin presencia de fallas activas en el área inmediata.
- Riesgo sísmico: moderado (zona de subducción sísmica de la costa sur del Perú, pero dentro de normativa estructural).

4.4.5. Ubicación geográfica

El mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” se encuentra en la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres ubicado al frente de la avenida Vidaurrazaga en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa con las coordenadas UTM 19K Este: 229118 y Norte: 8182532 con una altitud de 2311m.s.n.m. y un área de 26640 m² como se redacta en la tabla.

Figura 7

Ubicación geográfica del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”



Nota. *Elaboración Propia*

4.4.6. Ubicación Geográfica

Tabla 7

Ubicación geográfica del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”

Dirección	Av. Vidaurrezaga S/N
Distrito	José Luis Bustamante y Rivero
Provincia	Arequipa
Región	Arequipa
Área	26640 m ²
Coordenada Este	229118
Coordenada Norte	8182532

Nota: *Elaboración Propia*

Figura 8

Ubicación del centro de abasto



Nota. *Elaboración Propia*

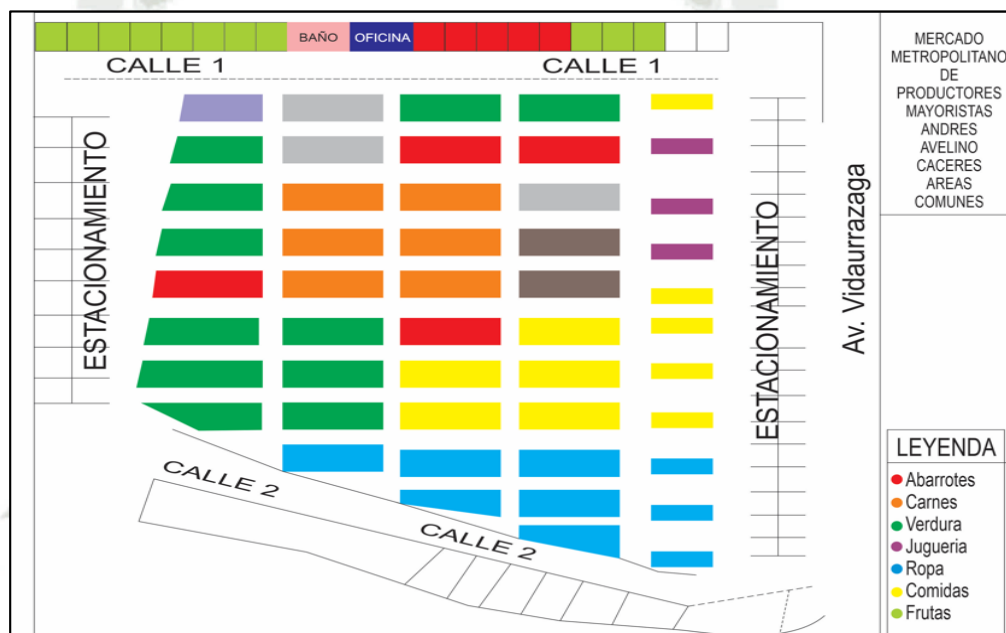
4.4.7. Descripción del centro de abastos:

El mercado mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres comenzó a operar en el año 1990 y se clasifica como un mercado tradicional. Su infraestructura fue construida con material noble y cuenta con un total de aproximadamente

1200 puestos, distribuidos en diferentes secciones, tales como abarrotes, carnes y embutidos, verduras y tubérculos, frutas, condimentos, huevos y lácteos, textiles, productos esotéricos, flores y área de comidas. El mercado atiende al público en un horario comprendido entre las 4:00 a.m. y 7:00 p.m.

Figura 9

Croquis del centro de abastos



Nota. *Elaboración Propia*

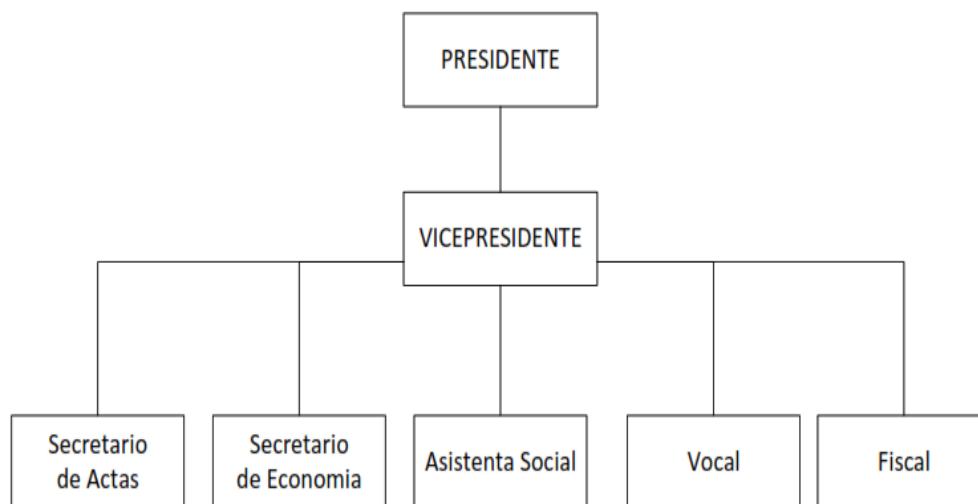
En cuanto a los servicios básicos, el centro de abastos dispone de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable y sistema de alcantarillado. Además, cuenta con dos áreas destinadas a servicios higiénicos, lo que contribuye a ofrecer una experiencia de visita adecuada y confortable para los usuarios.

Por otro lado, la administración del centro de abastos está a cargo de los representantes de la Asociación de Comerciantes del Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés avelino Cáceres, quienes conforman una estructura organizativa que incluye a un

presidente, vicepresidente, secretaria de actas, secretaria de economía, secretaria de organización, asistente social, un vocal y un fiscal.

Figura 10

Organigrama del mercado Figura: Organigrama del Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés Avelino Cáceres



Nota. *Elaboración Propia*

4.4.8. Grado de conocimientos sobre la gestión de residuos sólidos

Se aplicaron dos cuestionarios estructurados con el propósito de obtener información relevante sobre la gestión de residuos sólidos para el desarrollo del presente estudio.

El primer cuestionario, conformado por 18 preguntas, fue dirigido a los comerciantes que laboran en la Asociación del Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”. (Ver en anexos)

El segundo cuestionario, de 22 preguntas, fue aplicado a funcionarios, personal administrativo y operarios de la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero. (Ver en anexos)

1. Desarrollo de las encuestas para comerciantes

Las encuestas aplicadas fueron anónimas y no incluyeron variables personales como género o edad, dado que el objetivo principal del estudio se enfocó en aspectos técnicos, operativos y de conocimiento sobre la gestión de residuos sólidos.

La siguiente tabla presenta la distribución de comerciantes encuestados según el número de puestos del mercado. Es importante señalar que la disposición para participar varió entre los puestos, debido a que muchos comerciantes se encontraban ocupados con sus actividades diarias y la atención a los clientes, lo cual limitó en algunos casos su disponibilidad.

De las 18 preguntas formuladas en el cuestionario aplicado a los comerciantes del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, se seleccionaron 10 preguntas representativas para ser analizadas e interpretadas en esta sección.

Esta selección se realizó con base en la relevancia de las preguntas en relación con los objetivos del estudio, su aporte al diagnóstico de la gestión de residuos sólidos, y la claridad de los patrones observados en las respuestas. Las preguntas restantes se encuentran disponibles en los anexos para fines de consulta.

a) ¿Qué tipo de residuo genera principalmente su puesto?

Tabla 8

Respuestas de encuesta de la pregunta A

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Residuos Perecederos	27	35%
Residuos de alimentos	19	25%
Residuos no comestibles	10	13%
Empaques y envases	21	27%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

En Se se puede observar que los resultados muestran que los residuos perecederos (como frutas, verduras y carnes) son los más generados por los comerciantes del mercado, con un 35% de las respuestas. Esto indica una alta presencia de residuos orgánicos biodegradables, especialmente en los puestos de productos frescos.

En segundo lugar, los empaques y envases representan el 27%, lo que evidencia una significativa cantidad de residuos inorgánicos reciclables, generados principalmente por los sectores de abarrotes y lácteos. Por su parte, los residuos de alimentos preparados, como restos de comida o jugos, alcanzan un 25%, lo cual también aporta a la fracción orgánica del total.

Finalmente, un 13% corresponde a residuos no comestibles (ropa y textiles), generados por puestos no alimentarios. Aunque representan un porcentaje menor, deben ser considerados en el diseño de un plan de manejo integral. Además se refuerzan estos resultados con lo mencionado por la viceministra de Gestión Ambiental del MINAM, Becerra (2023), donde señaló que más de la mitad de los residuos sólidos urbanos en el Perú son orgánicos, lo que evidencia la necesidad de alternativas tecnológicas que impulsen la transición hacia una economía circular.

b) ¿Clasifica los residuos antes de desecharlos?

Tabla 9

Resultado de encuesta pregunta B

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	8	10%
A veces	19	25%
Rara vez	27	35%
Nunca	23	30%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

Se muestra que la mayoría de los comerciantes no realiza una adecuada clasificación de residuos en sus puestos. Un 35% indicó que rara vez lo hace, y un 30% manifestó que nunca clasifica, lo cual representa un 65% del total encuestado con prácticas poco sostenibles en cuanto al manejo de residuos.

Solo un 10% señala clasificar siempre, y un 25% lo hace a veces. Cabe resaltar que, durante el levantamiento de información, la separación que realizan algunos comerciantes no responde necesariamente a criterios ambientales, sino a razones prácticas o económicas. Por ejemplo, ciertos residuos como el cartón, las vísceras o los huesos son apartados porque existen recicladores u otras personas interesadas en comprarlos o recogerlos para alimentar mascotas u otros usos.

Esto evidencia que, aunque hay cierta dinámica de reaprovechamiento, esta se da de forma informal y sin una estructura técnica de manejo diferenciado, lo cual limita su impacto ambiental positivo.

c) ¿Cómo deposita sus residuos?

Tabla 10

Resultado de encuesta pregunta C

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
En contenedores adecuados	15	20%
En bolsas de plástico	45	58%
Directamente en el suelo	13	17%
Otro (Cajas, costales, etc.)	4	5%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

En Se se observa que la mayoría de los encuestados (58%) deposita sus residuos en bolsas de plástico, siguiendo una práctica tradicional que resulta práctica y sencilla. Por otro lado, un 17% señaló que deja sus residuos directamente en el suelo, al costado de sus puestos de trabajo, lo que evidencia una preocupante falta de conciencia ambiental. Un 20% manifestó que realiza el esfuerzo de depositar sus residuos en los contenedores correspondientes, mostrando un mayor compromiso con una disposición adecuada. Finalmente, un 5% indicó que utiliza alternativas como cajas o costales para almacenar y desechar sus residuos, lo que refleja cierta creatividad ante la posible falta de infraestructura adecuada.

d) ¿Con qué frecuencia se recolectan los residuos de su puesto?

Tabla 11

Resultado de encuesta pregunta D

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Varias veces al día	12	15%
Una vez por día	27	35%
Una vez cada 2 días	23	30%
Menos de una vez por semana	15	20%
Total	77	100

Nota. *Elaboración Propia*

Se revela que el 35% de los encuestados afirma contar con un servicio de recolección de residuos, y un 15% indica que este pasa más de una vez al día. No obstante, un 30% señala que la recolección se demora, y un 20% que no se realiza con frecuencia. Además, los horarios varían y no existe una ruta definida, lo que genera desorganización en la disposición de residuos. Esto sugiere que el servicio prioriza ciertas zonas con mayor generación o descomposición de residuos, pero presenta deficiencias en cobertura y planificación.

e) ¿Los contenedores son suficientes y están en buen estado?

Tabla 12

Resultado de la pregunta E

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Si, son suficiente y funcionales	4	5%
No, faltan contenedores	23	30%
No, están en mal estado	35	45%
No los utilizo	15	20%
Total	77	100

Nota. *Elaboración Propia*

Se evidencia una notoria falta de mantenimiento e implementación de contenedores en el mercado, según el 75% de los encuestados. Solo un 20% considera que los contenedores son suficientes, y un 5% señala no hacer uso de ellos. Esta situación fue confirmada por el personal de limpieza, quien indicó que, debido a la falta de orden, muchas veces se arrojan residuos no correspondientes en los contenedores, motivo por el cual se opta por colocar solo algunos alrededores del mercado. Esto refleja una deficiente gestión de los residuos sólidos y la necesidad de mejorar tanto la infraestructura como la educación ambiental en la zona.

f) ¿Considera que el mercado cuenta con infraestructura adecuada para la gestión de residuos?

Tabla 13*Resultado de la pregunta F*

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Si, completamente	2	3%
Parcialmente, pero es mejorable	31	40%
No, es insuficiente	35	45%
No estoy seguro	9	12%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

Se refleja que, desde la perspectiva de los trabajadores, la infraestructura actual para la gestión de residuos es insuficiente. El 45% considera que no basta con contar con un centro de acopio, sino que debería implementarse un proceso que permita el aprovechamiento de los residuos. Asimismo, un 40% opina que el sistema puede mejorarse, ya que actualmente se limita a esperar que el camión recolector retire los residuos. Solo un 3% considera que la infraestructura existente es suficiente. Estos resultados evidencian la percepción generalizada de que la gestión actual es limitada y requiere mejoras tanto en infraestructura como en estrategias de valorización de residuos.

g) ¿Ha recibido capacitación sobre manejo de residuos?

Tabla 14

Resultado de la pregunta G

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Si, varias veces	3	4%
Sí, pero solo una vez	12	15%
No, pero me interesa	50	65%
No es necesario	12	16%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

Se muestra una notable predisposición por parte de los comerciantes a recibir capacitación en temas relacionados con la gestión de residuos. El 65% indica no haber recibido ninguna capacitación hasta la fecha, mientras que solo un 4% y un 15% afirman haberla recibido, aunque algunos aclararon que fue en otro mercado o en experiencias laborales previas. Por otro lado, un 16% manifiesta no tener interés en participar, principalmente por la carga de trabajo diaria y la falta de tiempo. Lo que evidencia el Censo Nacional de Mercados de Abastos es que el 58,0 % de los mercados a nivel nacional no reciben capacitaciones, siendo las principales causas la falta de información, el desinterés, la carencia de recursos y la falta de tiempo (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017, p. 13). Estos resultados evidencian una brecha en la formación ambiental de los comerciantes, pero también una oportunidad para implementar programas de capacitación accesibles y adaptados a sus horarios.

h) ¿Conoce las normas municipales sobre gestión de residuos en el mercado?

Tabla 15

Resultado de la pregunta H

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Si, y las cumpla	12	15%
Si, pero no las aplico	19	25%
No, nunca me informaron	46	60%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

El gráfico evidencia una marcada falta de conocimiento por parte de los comerciantes respecto a la normativa municipal sobre la gestión de residuos sólidos. Un 60% de los encuestados indicó desconocer dichas normas, mientras que un 25% afirma conocer algunas, aunque no las aplica en su actividad diaria. Solo un 15% señala aplicar la normativa, principalmente mediante acciones de apoyo al reciclaje. A pesar de que existen capacitaciones por parte de la municipalidad y otras entidades según el CENSO NACIONAL DE MERCADOS DE ABASTOS 2016, los resultados reflejan una débil difusión de la normativa local y una escasa cultura de cumplimiento, lo que limita el desarrollo de prácticas sostenibles en el manejo de residuos dentro del mercado.

i) ¿Participaría en un programa de reciclaje en el mercado?

Tabla 16

Resultado de la pregunta I

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje %
Si, sin duda	35	45%
Si, pero con incentivo	35	45%
No, no me interesa	7	10%
Total	77	100%

Nota. *Elaboración Propia*

Se circular revela una actitud mayoritariamente positiva hacia la participación en un programa de reciclaje. Un 45% de los encuestados manifestó estar dispuesto a participar en iniciativas orientadas a mejorar la gestión de residuos sólidos. Otro 45% también mostró disposición, aunque condicionada a la entrega de incentivos, como pagos o regalos, lo que indica que los beneficios tangibles podrían motivar su involucramiento. Por otro lado, un 10% expresó que no participaría debido a la falta de tiempo, atribuida a las exigencias del trabajo diario. Estos porcentajes coinciden con los hallazgos de una investigación realizada en el Mercado Central de Ilave, que concluye que, aunque los comerciantes presentan una conciencia ecológica moderada a alta, su participación en programas de reciclaje depende en gran medida de factores como infraestructura, regulaciones e incentivos (Maquera Paucar, 2025).

4.4.9. Desarrollo de cuestionario para operarios administrativos y autoridades de la municipalidad José Luis Bustamante y Rivero

El presente cuestionario tuvo como finalidad recopilar información del personal municipal respecto a su conocimiento, percepción y participación en la gestión de los residuos sólidos generados en el mercado local. Esta información forma parte del proceso de

caracterización de dichos residuos, en el marco de una investigación académica, y permitirá evaluar el nivel de involucramiento institucional, así como identificar posibles mejoras en el manejo y aprovechamiento de los residuos.

La siguiente tabla presenta la distribución del personal de la municipalidad que participó en la encuesta. Cabe destacar la buena disposición mostrada por los encuestados para colaborar con el estudio. Asimismo, se precisa que la información recopilada es anónima y será utilizada únicamente con fines académicos en el marco de esta investigación.

Esta selección se realizó con base en la relevancia de las preguntas en relación con los objetivos del estudio, su aporte al diagnóstico de la gestión de residuos sólidos, y la claridad de los patrones observados en las respuestas. Las preguntas restantes se encuentran disponibles en los anexos para fines de consulta.

2. ¿Cuál es la principal fuente de residuos en el centro de abastos?

Tabla 17

Resultados de la pregunta 1

Grupo	Residuos	Residuos de	Residuos no	Empaques y envases
	Perecederos	alimentos	Comestibles	
Administrativos	4	9	6	5
Autoridades	7	4	3	4
Operarios	17	9	8	14
Total	28	22	17	23

Nota. *Elaboración Propia*

Los resultados muestran que los residuos perecederos y los residuos de alimentos son los más reportados por el personal encuestado, lo que confirma que los residuos orgánicos son

los más prevalentes en el mercado. Esta situación es coherente con la actividad principal del lugar, centrada en la comercialización de productos alimenticios frescos.

3. ¿Conoce las proporciones de residuos generados en el mercado?

Tabla 18

Resultados de la pregunta 2

Grupo	Si, con datos específicos	Aprox.	No, pero tengo una idea	No tengo conocimiento
Administrativos	6	8	5	5
Autoridades	3	7	2	6
Operarios	12	11	14	11
Total	21	26	21	22

Nota. *Elaboración Propia*

La mayoría de los encuestados indicó tener una idea aproximada sobre el tema, pero sin contar con datos específicos. Solo un pequeño grupo afirmó tener conocimiento exacto, lo que evidencia la necesidad de establecer un sistema de medición o diagnóstico más preciso y accesible para el personal involucrado.

4. ¿Existe un sistema formal de clasificación de residuos en el centro de abastos?

Tabla 19

Resultados de la pregunta 3

Grupo	Si, completamente implementado	En implementación	No, pero hay intenciones de hacerlo	No existe ningún sistema
Administrativos	5	5	6	8
Autoridades	4	5	5	4
Operarios	8	13	13	14
Total	17	23	24	26

Nota. *Elaboración Propia*

Las respuestas se concentraron en las opciones “En proceso de implementación” y “No, pero hay intenciones de hacerlo”, lo que evidencia una etapa de transición sin consolidación del sistema de gestión de residuos. Esto sugiere que, si bien existen iniciativas, aún no se han materializado plenamente en acciones concretas y sostenibles.

5. ¿Qué tipo de residuos son los que se separan con mayor frecuencia?

Tabla 20

Resultados de la pregunta 4

Grupo	Orgánicos	Inorgánicos	Ambos por igual	Ninguno
Administrativos	13	3	4	4
Autoridades	3	2	6	7
Operarios	9	12	14	13
Total	25	17	24	24

Nota. *Elaboración Propia*

Predominaron las respuestas que identifican a los residuos orgánicos como los más frecuentes, seguidas por aquellas que reconocen ambos tipos de residuos por igual. Esta tendencia sugiere la existencia de una cultura incipiente de separación y clasificación, aunque aún no consolidada de manera uniforme entre todos los grupos del personal municipal.

6. ¿Qué método de recolección se emplea con mayor frecuencia?

Tabla 21

Resultados de la pregunta 5

Grupo	Manual	Convencional	Selectiva	Mecanizada
		con puntos de acopio	según tipo de residuo	con vehículos especializados
Administrativo	7	9	7	1
Autoridades	4	4	4	6
Operarios	19	14	8	7
Total	30	27	19	14

Nota. *Elaboración Propia*

La mayoría de los encuestados señaló que la recolección de residuos se realiza de forma manual y convencional, utilizando puntos de acopio, lo que evidencia un sistema con bajo nivel de tecnificación. Sin embargo, cabe resaltar que sí existe un servicio de transporte asignado por parte de la municipalidad, encargado de recoger los residuos y trasladarlos fuera del mercado, lo que demuestra cierto nivel de apoyo logístico institucional.

7. ¿Existen suficientes contenedores en el mercado?

Tabla 22

Resultados de la pregunta 6

Grupo	Sí, en ubicaciones estratégicas	No, hay muy pocos	Están mal ubicados	No se utilizan correctamente
Administrativos	9	5	7	3
Autoridades	6	4	6	2
Operarios	13	15	13	7
Total	28	24	26	12

Nota. *Elaboración Propia*

Las respuestas más frecuentes fueron “No, hay muy pocos” y “Están mal ubicados”, lo que evidencia deficiencias en la infraestructura básica para la disposición de residuos, tanto en cantidad como en ubicación adecuada de los contenedores. Cabe resaltar que, en la encuesta aplicada previamente a los comerciantes, se identificó que el personal de limpieza evita colocar todos los contenedores a disposición, debido a que muchos usuarios no realizan una correcta separación ni disposición de los residuos, lo que complica su manejo y genera desorden.

8. ¿Qué tipo de infraestructura de gestión de residuos existe en el mercado?

Tabla 23

Resultados de la pregunta 7

Grupo	Centro de			
	Compostaje	Vertedero	Ambas	Ninguna
Administrativos	3	4	7	10
Autoridades	7	6	4	1
Operarios	10	16	11	11
Total	21	26	22	22

Nota. Elaboración Propia

Como se observa en el gráfico de columnas sobre el tipo de infraestructura existente en el mercado, la mayoría de los encuestados respondió “Ninguna” o “Solo vertedero”, lo que evidencia una seria limitación para el desarrollo de una gestión integral de residuos sólidos. Esta falta de infraestructura adecuada impide implementar procesos de separación, almacenamiento temporal y aprovechamiento de residuos de manera eficiente.

9. ¿Cómo calificaría la cantidad y estado de la maquinaria utilizada en la recolección de residuos?

Tabla 24

Resultados de la pregunta 8

Grupo	Suficiente y en buen estado	Insuficiente, pero operativa	Insuficiente y en mal estado	No hay maquinaria adecuada
Administrativo	5	8	5	6
Autoridades	1	4	6	7
Operarios	13	10	16	9
Total	19	22	27	22

Nota. *Elaboración Propia*

En el gráfico de columnas agrupadas se observa que la mayoría de los encuestados considera que la infraestructura es insuficiente pero operativa, lo que pone en evidencia deficiencias logísticas por parte de la municipalidad. Esta percepción sugiere que, si bien existen ciertos recursos para la gestión de residuos, estos resultan limitados y no cubren adecuadamente las necesidades del mercado.

10. ¿Existe un programa de capacitación para la correcta gestión de residuos?

Tabla 25

Resultados de la pregunta 9

Grupo	Sí, continuo y organizado	Sí, pero esporádico	No, pero se necesita	No es necesario
Administrativos	8	8	5	3
Autoridades	2	4	5	7
Operarios	10	13	13	12
Total	20	25	23	22

Nota. Elaboración Propia

Se pone en evidencia una divergencia de opiniones dentro del personal de la municipalidad respecto a la capacitación en gestión de residuos sólidos. Cabe resaltar que los operarios, quienes están directamente involucrados en las labores de recolección, señalaron que no han recibido capacitaciones, lo cual limita su capacidad de apoyo a una gestión adecuada. Por otro lado, algunos encuestados que sí reconocen la existencia de capacitaciones, indicaron que estas son insuficientes y carecen de una adecuada difusión, además de notar una falta de compromiso e integración por parte de otras áreas municipales.

11. ¿Cómo califica el cumplimiento de las normativas de gestión de residuos?

Tabla 26

Resultados de la pregunta 10

Grupo	Alto	Medio	Bajo	Nulo
Administrativos	6	1	4	13
Autoridades	7	4	3	4
Operarios	19	9	11	9
Total	32	14	18	26

Nota. Elaboración Propia

Se observa una discrepancia en las opiniones de los encuestados respecto al cumplimiento de las normas de gestión de residuos. Sin embargo, destaca el hecho de que algunos consideran que dicho cumplimiento es nulo, lo cual evidencia una situación preocupante y sugiere que existen brechas significativas en la aplicación de la normativa. Esto indica que el cumplimiento no solo puede, sino que debe ser fortalecido mediante acciones correctivas y una mayor fiscalización.

12. ¿Ha identificado problemas de contaminación en el suelo o agua por residuos en el mercado?

Tabla 27

Resultados de la pregunta 11

Grupo	Alto	Medio	Bajo	Nulo
Administrativos	8	4	5	7
Autoridades	3	4	4	7
Operarios	7	10	16	15
Total	18	18	25	29

Nota. *Elaboración Propia*

Como se observa en el gráfico, una parte significativa de los encuestados señaló que sí existe contaminación en el entorno del mercado, con evidencias visibles. Esta percepción refuerza la necesidad de implementar medidas concretas para reducir los niveles de contaminación, así como de fortalecer las prácticas de gestión ambiental en la zona.

13. ¿Qué porcentaje de los residuos generados en el mercado se reciclan o tratan antes de llegar a un vertedero?

Tabla 28

Resultados de la pregunta 12

Grupo	Más del 50%	Entre 20% y 50%	Menos del 20%	No se reciclan ni tratan
Administrativos	10	4	4	6
Autoridades	4	8	3	3
Operarios	11	15	11	11
Total	25	27	18	20

Nota. *Elaboración Propia*

El gráfico de barras evidencia que la mayoría de los encuestados estima que menos del 20% de los residuos son reciclados, e incluso algunos señalaron que no se recicla en absoluto, lo cual refleja un bajo nivel de valorización de residuos sólidos. Aunque a nivel distrital existe una planta de compostaje, se constató que esta no trata residuos provenientes del mercado, sino únicamente residuos florales de los cementerios. Esta situación revela un vacío significativo en el aprovechamiento de residuos orgánicos del mercado, pero al mismo tiempo representa una oportunidad clara para implementar estrategias de valorización local.

14. ¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos en el mercado mayorista?

Tabla 29

Resultados de la pregunta 13

Grupo	Falta de infraestructura adecuada	Deficiencia en la recolección y tratamiento	Falta de educación y concienciación ambiental	Falta de recursos financieros
Administrativos	4	7	6	7
Autoridades	9	4	2	3
Operarios	13	14	12	9
Total	26	25	20	19

Nota. *Elaboración Propia*

En el gráfico de barras se observa que los encuestados identifican como los principales desafíos para la gestión de residuos en el mercado la falta de infraestructura adecuada, las deficiencias en los procesos de recolección y tratamiento, y la ausencia de educación ambiental. Estos tres aspectos destacan como factores críticos que limitan el manejo eficiente de los residuos sólidos, y constituyen elementos clave a considerar en la elaboración de un plan de gestión integral, orientado a mejorar las condiciones actuales y promover prácticas sostenibles.

4.4.10. Métodos de recolección y almacenamiento

En el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”, el sistema de recolección de residuos sólidos se basa en un método principalmente manual. Este proceso es llevado a cabo por los propios comerciantes, quienes segregan los residuos en sus puestos de trabajo y luego los depositan en espacios improvisados. Si bien el 100% de los

dirigentes afirma que existe un sistema de limpieza, este se ejecuta sin infraestructura adecuada ni un plan formal de manejo de residuos

Respecto a los puntos de acopio, se identificó que la mayoría de los encuestados indica que no se cuenta con contenedores apropiados para almacenar residuos sólidos, mientras que solo el 10% asegura lo contrario.

Según Bernal (2020) Esta situación compromete la eficacia del almacenamiento temporal y dificulta la recolección sistemática; por parte de vehículos especializados, cuya disponibilidad y capacidad operativa no se menciona directamente en el estudio, lo que refuerza la necesidad de mejorar los medios logísticos y técnicos.

4.4.11. Infraestructura y equipamiento disponible

El diagnóstico revela una marcada deficiencia en cuanto a infraestructura y equipamiento para el manejo adecuado de residuos sólidos. El mercado no dispone de centros de compostaje ni mecanismos de tratamiento in situ para residuos orgánicos. En consecuencia, la mayor parte de los residuos se desecha sin tratamiento previo, situación confirmada por el 60% de los dirigentes, quienes señalaron que simplemente se desechan sin mayor procesamiento.

En cuanto al equipamiento, se constató la carencia de contenedores adecuados para la disposición inicial, así como la falta de camiones especializados de recolección dentro del propio recinto. No se dispone de datos sobre el estado o frecuencia de mantenimiento de equipos, lo cual sugiere la inexistencia de una flota dedicada al transporte de residuos. Asimismo, las bolsas y materiales utilizados para la recolección son provistos por los comerciantes y no siguen un estándar de biodegradabilidad o colorimetría normativa.

De acuerdo con Estrada Cruz y Tisnado Chura (2020), si bien los mercados de abasto constituyen los principales centros de intercambio comercial en el Perú, presentan deficiencias

significativas en su infraestructura. En los últimos años, el desarrollo de estas instalaciones se ha visto estancado, lo que ha generado edificaciones antiguas, con limitado mantenimiento, una distribución interna desorganizada y la ausencia de espacios básicos. En este escenario, diversos autores coinciden en señalar que los mercados de abasto carecen de innovación y, por el contrario, se encuentran sumidos en un mercado desorden estructural y operativo.

4.4.12. Cobertura de Infraestructura y Equipamiento

Según la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero en el 2019 donde se realizó el estudio de caracterización; la cobertura de infraestructura presentó deficiencias importantes: solo el 50 % de los puntos de acopio necesarios están habilitados y menos del 40 % de los contenedores se encuentran operativos, lo que limita el adecuado manejo de residuos. Si bien los residuos orgánicos dominan el flujo total (79.56 %), la limitada infraestructura para su gestión genera cuellos de botella. La capacidad total de almacenamiento instalada (2.68 m³) y el número de contenedores por sector resultan insuficientes para las necesidades del mercado, especialmente si se pretende aplicar segregación en origen.

La cobertura de infraestructura presenta deficiencias importantes: solo el 50 % de los puntos de acopio necesarios están habilitados y menos del 40 % de los contenedores se encuentran operativos, lo que limita el adecuado manejo de residuos. Si bien los residuos orgánicos dominan el flujo total (79.56 %), la limitada infraestructura para su gestión genera cuellos de botella. La capacidad total de almacenamiento instalada (2.68 m³) y el número de contenedores por sector resultan insuficientes para las necesidades del mercado, especialmente si se pretende aplicar segregación en origen. Según Fernández (2022), contar con una infraestructura adecuada en los mercados de abasto permite atraer a una mayor diversidad de proveedores y productos, lo que amplía la oferta disponible para los consumidores y favorece la calidad del servicio al responder a una gama más amplia de necesidades y preferencias. Asimismo, una infraestructura organizada y en buen estado contribuye a mejorar la experiencia

del usuario, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la cobertura y el mantenimiento de estas instalaciones para optimizar la eficiencia del mercado y la calidad del servicio.

4.4.13. Recursos humanos asignados

La operación del sistema de limpieza recae en una combinación de actores: los propios comerciantes, quienes segregan los residuos, y el personal responsable de la limpieza general.

El personal técnico o de sensibilización no se encuentra claramente delimitado, y no existe un programa de capacitación formal continuo. Sin embargo, se evidenció que se brindó una instrucción básica previa a la caracterización de residuos, como parte del trabajo investigativo. Respecto a indicadores de seguridad, no se reportan datos sobre accidentes laborales, lo que evidencia una falta de control sobre aspectos relacionados a la seguridad y salud en el trabajo.

4.4.14. Servicio de recolección según método

La recolección de residuos sólidos en el mercado metropolitano de productores se lleva a cabo mayoritariamente de forma manual, sin la existencia de un cronograma formal ni rutas claramente establecidas. No se identificaron métodos mecanizados ni selectivos, lo que limita la eficiencia del proceso. Además, el servicio de limpieza no cubre todas las zonas de forma equitativa, y no se menciona la distancia o tiempo promedio requerido para la recolección por ruta.

Tampoco se cuenta con un sistema de monitoreo que permita registrar indicadores como kilómetros recorridos por tonelada recolectada o el número de quejas por incumplimiento. Esta falta de planificación y control evidencia debilidades estructurales que afectan directamente la calidad del servicio de recolección.

4.4.15. Gestión Institucional y Operativa

De acuerdo a la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero en el 2019 se cumplió el 83.3 % de las inspecciones programadas, lo cual es positivo. También se han ejecutado tres sanciones y dos planes de gestión ambiental, aunque aún se requiere consolidar un sistema de fiscalización ambiental más sólido. Se reporta un buen nivel de sensibilización, con 280 ciudadanos capacitados, así como programas de incentivos que han beneficiado a 60 personas y han logrado reducir las emisiones en un 30 % respecto al año anterior estos resultados van de acuerdo a lo que menciona Díaz Moncada & Bocanegra García (2020) ya que al tener un mayor conocimiento acerca del manejo de residuos sólidos se tendrá una correcta disposición temporal y disminuir el impacto que este representa. Sin embargo, el número de usuarios formales en reciclaje (45) sigue siendo bajo y requiere estrategias de expansión.

La gestión de recursos y personal, cuenta con una proporción aceptable de camiones disponibles (75 %), pero solo el 50 % de la flota está en servicio activo, lo que podría deberse a mantenimiento o inoperatividad. La relación de 6 operarios por camión es funcional, pero la tasa de 600 % de accidentes laborales sugiere problemas en la gestión de seguridad y salud ocupacional. Por otro lado, se registra un número adecuado de capacitaciones anuales, aunque se recomienda reforzar la cobertura y frecuencia.

Durante el período evaluado, la empresa realizó 8 mantenimientos al mes, asegurando un funcionamiento regular de los equipos, y entregó un total de 3,000 bolsas mensuales, de las cuales solo el 40 % fueron biodegradables, lo que evidencia la necesidad de incrementar la proporción de entrega de productos sostenibles. El personal estuvo compuesto por 12 operarios, distribuidos en 6 por camión, lo que permite calcular la carga de trabajo y evaluar la eficiencia operativa. Se realizaron 4 capacitaciones anuales, demostrando un compromiso con la formación y seguridad de la persona. En conjunto, los indicadores reflejan un desempeño

operativo estable, aunque se identifican oportunidades de mejora en sostenibilidad y en el control de riesgos laborales.

4.4.16. Eficiencia del Servicio de Recolección

Los indicadores de frecuencia de recolección (FR), cobertura (CR) y cumplimiento horario (CH) se sitúan cerca del 90–92 %, mostrando una eficiencia aceptable, aunque no óptima. El tiempo promedio de recolección por ruta (50 min) se mantiene en un rango operativo razonable. Sin embargo, el índice de kilómetros recorridos por tonelada (409 km/t) es elevado, lo cual refleja una baja eficiencia logística, posiblemente por trayectos dispersos o cargas poco optimizadas. La proporción 1:1 de quejas por ruta es preocupante y señala la necesidad de mejorar la supervisión y respuesta ciudadana. En el estudio realizado por Delgado (2017) se identificó que la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero efectúa la recolección semanal del material reciclable acopiado por los pobladores. Sin embargo, las campañas masivas que organiza de manera esporádica suelen tener resultados limitados debido a la escasa participación ciudadana, lo que repercute negativamente en la eficacia del sistema de recolección.

4.5. Diagnóstico del impacto ambiental

4.5.1. Mediciones Ambientales y Restauración

En el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero los valores simulados de referencia están dentro de 450 ppm para CO₂ y 2.5 ppm para CH₄, los cuales se ubican en rangos críticos asociados a espacios urbanos sin tratamiento de gases (según NOAA y NASA ronda entre 415–420 ppm, acercándose a 450 ppm en escenarios críticos de cambio climático). Es importante señalar que en el Perú no existen límites máximos permisibles (LMP) específicos para dióxido de carbono ni metano en la normativa ambiental vigente; por ello, dichos valores deben entenderse como indicadores de

referencia empleados en investigaciones internacionales y simulaciones ambientales (IPCC, 2021; NOAA, 2023; NASA, 2023). En cuanto a restauración ambiental, el 60 % de recuperación de áreas verdes afectadas es destacable, así como la gestión segura de 3.5 toneladas de residuos peligrosos y la participación de 75 personas en educación ambiental. Estos resultados reflejan avances, pero también la necesidad de integrar acciones ambientales con los sistemas de manejo de residuos.

- **Emisión de gases de efecto invernadero**

Si bien los estudios de impacto ambiental elaborados por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero entre los años 2019 y 2024 identifican de manera general los riesgos ambientales vinculados a la gestión de residuos sólidos y a las actividades que generan deterioro ambiental, no se han realizado mediciones específicas para determinar los niveles de emisión de metano (CH₄) o dióxido de carbono (CO₂). En consecuencia, los informes carecen de una comparación directa con los estándares internacionales propuestos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) u organismos similares, lo que limita la posibilidad de establecer un diagnóstico cuantitativo sobre la magnitud del impacto en la calidad ambiental del distrito.

- **Contaminación del suelo y del agua**

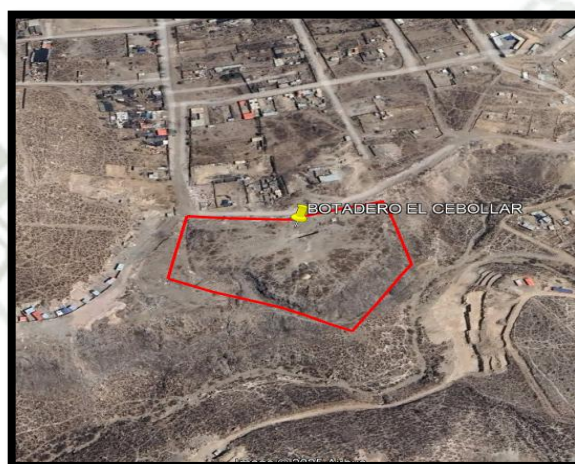
Tampoco se realizaron análisis de lixiviados ni estudios que midan la demanda química de oxígeno (DQO) en suelos o cuerpos de agua cercanos. Esta ausencia de información técnica representa una brecha importante para evaluar con certeza el nivel de contaminación ambiental que genera el mercado.

4.5.2. Uso del espacio en vertederos

El botadero a cielo abierto "El Cebollar" se localiza específicamente en el pueblo joven que lleva su nombre "El Cebollar", dentro del distrito de Paucarpata, en la Provincia y Región de Arequipa

Figura 11

Ubicación geográfica del botadero el Cebollar



Nota. *Elaboración Propia*

Tabla 30

Ubicación georreferenciada del botadero "El cebollar"

Nombre	El Cebollar
Dirección	Pueblo Joven el Cebollar
Distrito	Paucarpata
Provincia	Arequipa
Región	Arequipa
Área	3.82 hectáreas
Zona	19K
Coordenada Este	236404.91
Coordenada Norte	8181897.05

Nota. *Elaboración Propia*

4.5.3. Análisis espacial mediante SIG

Mediante un análisis simulado con herramientas SIG y datos históricos, se estima que el vertedero El Cebollar ocupa un aproximado área total de 32 km² (Surco Reyes, 2024).

Manejo de residuos solidos en el botadero el cebollar

A continuación se presentan los datos recopilados durante las visitas técnicas realizadas en las inmediaciones del basurero a cielo abierto “El Cebollar”. Cabe precisar que el acceso directo al lugar se vio limitado por la presencia de pobladores que dificultaron el ingreso; sin embargo, se obtuvo información relevante a través de observaciones en puntos cercanos y mediante entrevistas con la población local, lo que permitió valorar el control de los desperdicios en la zona de estudio.

Manejo de Residuos Solidos en el botadero el cebollar

- Al año 2024 según estudios el botadero el Cebollar posee una superficie a cielo abierto de 30.82m² equivalente a 3.82ha (hectareas).
- El volumen de residuos solidos que recibe el botadero es de 40 (ton/día)

Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)

Simulación para vertedero con residuos principalmente orgánicos:

- Metano (CH₄) generado estimado: 72 toneladas/año (obtenido de la aplicación IPPC (2006))
- CO₂ equivalente: 1,800 toneladas/año (considerando que 1 tonelada de CH₄ equivale a 25 toneladas de CO₂ eq. según el IPCC)

Comparación con IPCC (línea base para LATAM): Se encuentra en un rango medio-alto para vertederos sin captura de gas

Contaminación del suelo y del agua

Niveles simulados de lixiviados:

Concentración media en pozos cercanos:

- DQO: 780 mg/L (máximo OMS: 250 mg/L)
- Nitratos: 32 mg/L (límite OMS: 10 mg/L)

Impacto: Evidencia riesgo alto de contaminación en acuíferos subterráneos por ausencia de geomembrana en sectores antiguos del vertedero. Se detecta escurrimiento hacia canales adyacentes durante época de lluvias.

4.5.4. Política de Gestión e Impacto

Implementación normativa y control

Evaluación del cumplimiento de normativas ambientales

El vertedero El Cebollar está clasificado como relleno sanitario en transición, pero aún presenta zonas operativas con manejo de botadero abierto.

- Nivel de cumplimiento del D.L. N.º 1278 y su reglamento: 60%
- No se realiza cobertura diaria adecuada
- No cuenta con sistema de captura de biogás
- Falta de seguimiento ambiental periódico (agua/suelo)

Número de inspecciones y sanciones aplicadas (últimos 3 años)

- Inspecciones realizadas: 7 (por OEFA y Municipalidad Provincial de Arequipa)
- Sanciones aplicadas:
- 2 multas por mal manejo de lixiviados (2022 y 2023)

- 1 amonestación por acumulación de residuos fuera del área permitida

En resumen el vertedero El Cebollar, ubicado en la provincia de Arequipa, muestra una alta ocupación (80%) de su capacidad volumétrica. La generación estimada de gases de efecto invernadero alcanza 1,800 t de CO₂ equivalente anuales. Asimismo, se identifican concentraciones elevadas de DQO y nitratos en zonas aledañas, evidenciando filtraciones de lixiviados. Aunque se han implementado parcialmente normas del D.L. N.º 1278, aún se presentan deficiencias que han motivado inspecciones y sanciones ambientales.

4.5.5. Programas de sensibilización ambiental

A la fecha, la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero ha implementado programas generales de sensibilización ambiental, tales como el *Plan de Manejo de Residuos Sólidos* y el *Plan Anual de Fiscalización y Evaluación Ambiental*, entre otros. Sin embargo, estos instrumentos no han estado específicamente focalizados en los mercados ni en la valorización de residuos orgánicos, lo cual ha limitado la capacitación sistemática de actores clave, como comerciantes, personal de limpieza y usuarios frecuentes del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.

En el marco del presente estudio, se promovió un piloto experimental de compostaje con la participación del personal del mercado, lo que constituye una acción concreta de educación ambiental aplicada. A partir de esta intervención, se capacitó de manera directa a al menos 10 personas involucradas en las labores de recolección, pesaje y monitoreo del proceso de compostaje, fomentando así una cultura de valorización de residuos orgánicos *in situ*.

4.6. Caracterización y generación diaria de residuos sólidos del mercado

4.6.1. Caracterización de los residuos sólidos

En el Plan de Manejo de Residuos Sólidos elaborado por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, se llevó a cabo una caracterización de residuos sólidos, cuyo

propósito es servir como insumo técnico para el diagnóstico particular de los centros de abastos ubicados en la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres.

Del estudio cuantitativo mencionado se estimó la generación total diaria en 28500 kg/día; esta cantidad se ubica dentro del 17% de generación promedio diaria de residuos sólidos según el censo hecho por el INEI (2016). De este total, el área de comidas generó la mayor cantidad de residuos (62,037.84 gramos por día), mientras que la menor producción provino de la sección de cerrajería (566.67 gramos diarios). En los resultados se observó que los residuos de tipo orgánico constituyen la mayor parte del total generado, evidenciando la necesidad de establecer un manejo diferenciado para este tipo de desechos.

Las proporciones y pesos por tipo de residuo fueron representadas mediante tablas y gráficos, lo que permitió visualizar con claridad la distribución y volumen relativo de cada tipo, facilitando la planificación de estrategias específicas de recolección, segregación y valorización

4.6.2. Generación de residuos sólidos

Se identificaron diversas fuentes generadoras de residuos sólidos, directamente relacionadas con las actividades comerciales desarrolladas en sus instalaciones. Las principales áreas generadoras de residuos comprenden puestos de venta de alimentos preparados, carnes, pescados, verduras, frutas, abarrotes, entre otros. Cada uno de estos sectores genera distintos tipos de residuos, con un predominio de los residuos orgánicos debido a la naturaleza de los productos ofertados.

La tipología de los residuos generados se agrupa en las siguientes categorías: residuos perecibles (principalmente restos de frutas y verduras), residuos de alimentos procesados, desechos no comestibles (como empaques deteriorados), y una considerable cantidad de envases y empaques plásticos o de cartón.

4.6.3. Clasificación de los residuos (orgánicos e inorgánicos)

La clasificación de los residuos generados en el mercado se realizó considerando su naturaleza orgánica o inorgánica. La mayoría corresponde a residuos orgánicos, tales como restos de frutas, verduras y alimentos cocinados, los cuales son fácilmente biodegradables. En cambio, los residuos inorgánicos incluyen plásticos, papeles, cartones y metales, mayormente provenientes de empaques y utensilios de un solo uso.

A partir del pesaje diario se estimó la proporción de residuos orgánicos respecto al total, evidenciándose que más del 80% corresponde a esta categoría, mientras que el resto es inorgánico. Esta proporción fue representada gráficamente para ilustrar el predominio de los residuos biodegradables en el centro de abastos. Según Buenrostro et al. (2012), debido a la alta presencia de productos perecederos, estos residuos son altamente susceptibles a la descomposición bacteriana, por lo que su recolección y disposición deben realizarse con celeridad y, de ser posible, el mismo día de su generación.

4.6.4. Cálculos realizados

En base a los datos obtenidos del estudio de caracterización de Jose Luis bustamante y rivero, se realizaron los siguientes calculos para estimar los porcentajes referidos a la generacion de residuos.

En base a los datos obtenidos del *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (2019)*, se realizaron cálculos propios con el fin de estimar los porcentajes relativos a la generación de residuos sólidos en el mercado analizado. Estas estimaciones permitieron identificar las proporciones por tipo de residuo y analizar el potencial de valorización, especialmente en lo referente a la fracción orgánica con fines de compostaje.

Los datos reflejan que el peso total de residuos generados diariamente en el mercado supera ligeramente el valor promedio registrado en el diagnóstico previo, indicando un aumento en la generación diaria de residuos. Se evidencia que los residuos perecederos (60.84 %) y los orgánicos de alimentos (21.06 %) son predominantes, lo cual refuerza la necesidad de implementar procesos de compostaje y valorización orgánica. En contraste, los residuos inorgánicos, como empaques y elementos no comestibles, representan proporciones menores, pero no despreciables (alrededor del 13 % en conjunto), lo que exige una estrategia de clasificación y recolección diferenciada para optimizar su reciclaje.

Revisión del rendimiento del proceso de compostaje y reducción volumétrica

El rendimiento del proceso de compostaje fue recalculado considerando la pérdida progresiva de masa y volumen que ocurre durante la degradación biológica de la materia orgánica, principalmente por la liberación de vapor de agua, dióxido de carbono y la mineralización de compuestos fácilmente degradables. Para ello, se comparó el peso inicial de los residuos orgánicos ingresados al proceso con el peso final del compost maduro obtenido.

El rendimiento del compost (%) se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Peso final del compost (kg)}}{\text{Peso inicial de residuos orgánicos (kg)}} \right) \times 100$$

Asimismo, la reducción volumétrica fue estimada comparando el volumen inicial de la pila de compostaje con el volumen final del producto estabilizado, de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Reducción volumétrica (\%)} = \left(\frac{V_i - V_f}{V_i} \right) \times 100$$

donde V_i corresponde al volumen inicial de la mezcla y V_f al volumen final del compost maduro.

Los resultados corregidos evidencian una reducción volumétrica aproximada entre el 50 % y 60 %, valores que se encuentran dentro del rango técnico esperado para procesos de compostaje aeróbico en pilas, según lo establecido por el MINAM (2021) y la FAO (2013). Esta reducción confirma que el proceso fue eficiente y que el error inicial correspondía a una omisión en la consideración de la pérdida de humedad y carbono durante la fase termofílica.

4.6.5. Prácticas de Segregación

Es importante determinar el nivel de segregación que se realiza en el mercado de abastos, ya que ello permite mejorar la gestión eficiente de los residuos sólidos, facilitar su valorización y, en consecuencia, reducir los impactos ambientales generados. Asimismo, contribuye al fortalecimiento de la educación y la cultura ambiental en los actores involucrados. Las siguientes tablas demuestran el porcentaje de conocimiento y prácticas de segregación de los residuos sólidos entre comerciantes.

El gráfico de barras muestra la relación entre las prácticas de segregación realizadas por los comerciantes del mercado de abastos. Se observa que el 51% casi siempre limpia sus puestos antes del cierre, lo que evidencia una valoración significativa por la higiene en su espacio de trabajo. Sin embargo, no se aprecia la misma responsabilidad en la separación adecuada de los residuos para su aprovechamiento. A pesar de que, según el portal oficial del Gobierno del Perú (2023) diversas municipalidades han implementado capacitaciones para fomentar la segregación de residuos, aún persisten limitaciones que dificultan alcanzar este objetivo de manera efectiva.

4.6.6. Indicadores de Valorización de Residuos para Compost

En base a las estimaciones obtenidas del Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (2019), se extrajeron los siguientes datos los cuales serán usados para ver el porcentaje de reaprovechamiento de los residuos en fines de compostaje.

Tabla 31

Porcentaje de Indicadores de calidad Ambiental

Indicador	Resultado
% residuos tratados en compost	23.40 %
% muestras aprobadas en análisis de compost	86.67 %
% residuos valorizados como nuevos productos	23.40 %
% residuos segregados correctamente	84.24 %
Inverso: Total residuos / Segregados correctamente	118.71 %

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

Pese a que el 23.4 % de los residuos se destinan al compostaje, la mayoría aún se deposita en el vertedero (76.6 %). Este desequilibrio revela un gran potencial de mejora en la valorización de residuos orgánicos. Además, el 84.24 % de segregación correcta indica que los comerciantes tienen una disposición favorable hacia la clasificación, siempre que cuenten con el apoyo logístico y normativo. El alto nivel de muestras aprobadas (86.67 %) en compost confirma la viabilidad técnica del proceso y la calidad del producto generado

4.6.7. Tratamiento y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos

- **Optimización del procesamiento**

En el análisis realizado, se detectó que no existe un sistema establecido para el tratamiento de residuos dentro del mercado. La totalidad de los residuos recolectados es enviada para su disposición final sin haber sido tratada o valorizada

previamente, lo que impide cualquier tipo de conversión a compost o recuperación útil

- **Aprovechamiento de subproductos**

"No se han identificado prácticas de valorización de residuos en productos secundarios como biogás o biofertilizantes, lo que implica una tasa de aprovechamiento nula de los residuos generados. Según Correal y Rihm (2022), la desviación de residuos sólidos hacia sistemas de valorización permite extender la vida útil de los rellenos sanitarios, constituyéndose en una alternativa frente al cierre de botaderos a cielo abierto y otros sitios inadecuados. En este sentido, la implementación de proyectos de valorización representa un mecanismo para la generación de empleos verdes y el fomento de un desarrollo económico sostenible."

4.6.8. Planes de gestión de residuos e Implementación de Compostaje para la Reducción de Residuos Orgánicos en el Mercado

La municipalidad cuenta actualmente con un centro de compostaje, pero su uso está restringido al procesamiento de residuos florales provenientes del Cementerio de La Apacheta. Dado que no existe un plan específico que permita aprovechar los residuos orgánicos generados en los mercados, esta infraestructura se encuentra subutilizada.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo propone ampliar el uso del centro de compostaje para incluir residuos orgánicos del mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés "Avelino Cáceres", como frutas, verduras y restos de alimentos, los cuales son altamente biodegradables. Para validar esta propuesta, se desarrolló una prueba piloto de compostaje, usando materiales recolectados en el mercado:

Tabla 32

Infraestructura existente para gestión de residuos

Elemento de infraestructura	Existente	Observaciones
Puntos de acopio diferenciados	No	No existen tachos clasificados
Área de compostaje	No	Propuesta en evaluación
Almacén temporal de residuos	Sí	Sin ventilación ni señalización
Contenedores con código de color	Parcial	No están etiquetados ni distribuidos

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

4.6.9. Análisis Integrado de los Resultados

Del análisis integral se concluye que existen desajustes significativos entre la generación, recolección y valorización de residuos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas Andrés “Avelino Cáceres”, especialmente en lo que respecta al aprovechamiento de la fracción orgánica, que constituye la mayor parte de los residuos producidos.

Dimensión técnica:

- El mercado carece de un sistema eficiente de recolección selectiva y contenedores adecuados.
- La infraestructura de compostaje existente no incluye residuos del mercado, pese a su alto potencial.

Dimensión ambiental:

- La falta de tratamiento adecuado favorece la emisión de gases de efecto invernadero y riesgo de lixiviación.
- El uso del vertedero El Cebollar se acerca a su límite de capacidad (80% ocupado).

Dimensión de gestión:

- No existen planes de gestión específicos para centros de abasto.
- Las actividades de sensibilización ambiental son aisladas y no han abordado aún la problemática del mercado.

Puntos críticos identificados:

- Inexistencia de rutas de valorización orgánica del mercado.
- Escasa articulación entre infraestructura existente y necesidades del mercado.
- Baja cobertura de programas de sensibilización ambiental.

Oportunidades de mejora:

- Escalar el piloto de compostaje como modelo replicable.
- Incorporar residuos del mercado al centro municipal de compost.
- Formalizar la segregación en origen y la recolección diferenciada.
- Fortalecer los programas educativos dirigidos a comerciantes y consumidores.

Estos elementos pueden representarse en una matriz de relación entre variables (generación, tratamiento, impacto ambiental) y gráficos de flujo que ilustren el potencial de valorización de los residuos del mercado.

4.7. Medición de la diferencia significativa del impacto ambiental bajo la propuesta de gestión de los residuos sólidos orgánicos

4.7.1. Comparación de emisiones generadas antes y después de la propuesta

Con base en los datos estimados a partir del estudio de caracterización (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019), se identificó que el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” genera aproximadamente 28500 kg de

residuos orgánicos por día, concentrados mayoritariamente en las secciones de alimentos perecederos.

Bajo el escenario base, en el cual todos estos residuos son dispuestos en un botadero sin tratamiento, se calculó una emisión mensual aproximada de gases de efecto invernadero (GEI), utilizando el factor de emisión de 1.1 kg CO₂-eq por kilogramo de residuo, recomendado por el IPCC y el MINAM. Esto permitió establecer una línea de base sobre la magnitud del impacto ambiental de la gestión actual.

Posteriormente, se simuló el escenario “después de la propuesta”, considerando la valorización de los residuos mediante compostaje. Este proceso evita las emisiones que normalmente se producirían en botaderos no controlados, generando una diferencia ambiental significativa en términos de reducción de GEI.

4.7.2. Análisis comparativo estadístico

Estimación del Compost Generado Diariamente

Para determinar la estimación de compost que se debería generar diariamente se utilizó el peso diario estimado de los residuos sólidos generados que fue un total de (28500 kg/día), según un estudio técnico reportó que aproximadamente el 51.31 % de los residuos sólidos municipales (RSM) corresponde a residuos orgánicos, siendo el componente más representativo (Huaman, 2022) y considerando una humedad promedio del 55% (en base a los registros diarios y pruebas del puño con resultado “óptimo”), se determinó el peso seco útil para compostaje.

“Pan et al. (2012) observaron una pérdida de peso de casi el 30 % el cual se relaciona a la pérdida de masa y la mineralización de materia orgánica, es decir, un rendimiento de compost de aproximadamente el 70 %” partiendo de este estudio se determinó, una producción diaria promedio estimada de 16.82 Kg/día.

Adicionalmente, con el fin de validar la estabilidad del proceso, se realizó una simulación de la producción durante 30 días utilizando un modelo de distribución normal. La verificación estadística mediante la prueba t de Student permitió establecer un intervalo de confianza del 95% para la producción diaria, el cual se ubicó en un rango muy estrecho: [16,799.94 g – 16,833.55 g]. Esta reducida variabilidad indica que el proceso de compostaje se mantuvo estable y controlado bajo las condiciones monitoreadas (temperatura, humedad y relación C/N), lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cálculo del valor t de Student e Interpretación

Se realizó el análisis estadístico para estimar el intervalo de confianza de la producción diaria de compost a partir de residuos sólidos orgánicos, utilizando una muestra simulada de 30 días. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla.

Tabla 33

Producción diaria de compost

Parámetro	Valor
Media muestral	16,816.75 g
Desviación estándar muestral	45.00 g
Tamaño de muestra (n)	30 días
Nivel de confianza	95%
Valor t (gl = 29, $\alpha = 0.05$)	2.045
Error estándar	8.22 g
Margen de error	16.80 g
Intervalo de confianza (95%)	[16,799.94 g – 16,833.55 g]

Nota. *Elaboración Propia. Todas las variables cuantitativas presentadas en las tablas de resultados incluyen sus respectivas unidades de medida, tales como kilogramos (kg), grados Celsius (°C), porcentaje (%), relación adimensional (C/N) y días, con el fin de garantizar claridad, precisión y*

correcta interpretación de los datos, conforme a los criterios metodológicos de presentación de resultados científicos.

Interpretación:

Con un nivel de confianza del 95%, se estima que la producción diaria promedio de compost se encuentra entre 16,799.94 g y 16,833.55 g (16.80 – 16.83 kg). La elección de la distribución t de Student fue pertinente, dado que el tamaño de muestra fue reducido y se desconocía la varianza poblacional. La estrechez del intervalo y el bajo error estándar confirman la consistencia del proceso de compostaje bajo condiciones ambientales estables (temperatura, humedad y relación C/N).

Prueba T de student para muestras relacionadas (emisiones antes y después de la propuesta)

Con el fin de evaluar el efecto de la propuesta sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, se compararon los valores promedio antes y después de su implementación.

Tabla 34

Diferencia antes y después de la propuesta

Condición	Media (ton CO₂ eq)	Desviación estándar (DE)
Antes de la propuesta	15.78	0.94
Después de la propuesta	5.83	0.83

Nota. *Elaboración Propia*

Interpretación:

La prueba t de Student para muestras relacionadas se aplicó debido a que se compararon dos condiciones evaluadas sobre la misma población (antes y después de la propuesta). Este

tipo de prueba resulta pertinente cuando los datos presentan dependencia entre sí y se busca determinar si la diferencia observada en las medias es estadísticamente significativa (Molina, 2022; Luzardo, 2018). Asimismo, al no conocerse la desviación estándar poblacional y contar con un número limitado de observaciones, se recurrió a la distribución t en lugar de la distribución normal.

En este estudio, las emisiones de CO₂ eq se estimaron en dos escenarios: antes de la propuesta (M = 15.78; DE = 0.94) y después de la propuesta (M = 5.83; DE = 0.83). El análisis arrojó un valor t = 23.82 y un valor p = 1.94×10^{-9} , lo cual indica que la diferencia entre ambos escenarios es altamente significativa (p < 0.05). Por tanto, se evidencia que la propuesta implementada contribuyó de manera efectiva a la reducción de emisiones de CO₂ eq.

Tabla 35

Comparación antes y después de propuesta de compostaje (proyección anual)

Indicador	Antes del proyecto	Después del proyecto	Reducción (%)
Residuos enviados al vertedero (toneladas)	48 Toneladas	36.8 Toneladas	23.30%
Gasto municipal en recolección (soles)	S/94,000	S/71,000	24.50%
Emisión de metano (CH ₄ , en toneladas)	72 toneladas de CH ₄	56.3 toneladas de CH ₄	21.80%
Aprovechamiento de residuos (porcentaje)	0%	23.40%	23.40%

Nota. *Elaboración Propia*

La comparación de indicadores antes y después de la propuesta de compostaje evidencia mejoras sustanciales en la gestión de residuos sólidos del mercado. En primer lugar, la cantidad de residuos enviados al vertedero se redujo de 48 t a 36.8 t, lo que representa una disminución. Esta reducción implica menor presión sobre la disposición final y contribuye a prolongar la vida útil de los rellenos sanitarios. Asimismo, el gasto municipal en recolección

disminuyó de S/. 94,000 a S/. 71,000, generando un ahorro, lo que refleja el impacto económico positivo de la valorización de residuos. En cuanto a las emisiones de metano (CH₄), estas pasaron de 72 t a 56.3 t, es decir, una reducción, resultado relevante dado que el metano posee un potencial de calentamiento global 25 veces mayor al CO₂. Finalmente, el indicador de aprovechamiento de residuos, que inicialmente era del 0%, se incrementó a 23.4%, lo cual demuestra el cambio hacia un modelo de gestión más sostenible, en el que una parte significativa de los residuos orgánicos es transformada en compost, contribuyendo a la economía circular y reduciendo los impactos ambientales negativos.

Tabla 36

Comparación de la producción de compost

Criterio	Compost del Cementerio La Apacheta (flores)	Compost propuesto del Mercado de Productores (residuos orgánicos)
Tipo de residuo	Flores marchitas y restos vegetales	Frutas, verduras, cáscaras, restos de comida
Cantidad diaria de residuos (kg)	150 – 200 kg/día	1,200 – 1,500 kg/día
Producción diaria de compost (kg)	60 – 80 kg/día (rendimiento ~40%)	480 – 600 kg/día (rendimiento ~40%)
Tiempo promedio de compostaje	45 – 60 días	20 – 30 días (material más fresco y húmedo)
Relación C/N estimada	Alta (≈35:1 – 40:1)	Óptima (≈25:1 – 30:1)
pH del compost final	7.5 – 8.2	6.8 – 7.2
Contenido de nutrientes (NPK)	Bajo – medio	Medio – alto
Demanda del compost	Moderada (municipalidades)	Alta (agricultores locales y viveros)
Costo de producción por tonelada	S/ 260 – S/ 300	S/ 180 – S/ 220 (mayor volumen, menor costo por escala)
Valor comercial por tonelada	S/ 300 – S/ 350	S/ 350 – S/ 400
Aplicaciones finales	Áreas verdes urbanas	Agricultura, jardines urbanos, viveros

Nota. La información presentada en la tabla es referencial y se basa en estimaciones técnicas promedio. Los valores pueden variar según las condiciones específicas del proceso de compostaje, la estacionalidad de los residuos y el manejo operativo del centro de compostaje.

4.7.3. Diseño experimental del propuesto:

a) Lugar de la elaboración de compost

La prueba piloto para la elaboración de compost se realizó en la ciudad de Arequipa en un espacio brindado por la junta de socios del mercado.

b) Materia Prima:

- Desecho Vegetal que proviene del mercado de Abastos (Restos de Tomate, Restos de Cebolla, Cascara de Sandia, Cascara de Melón, Cascara de Mandarina, Cascara de Naranja)
- Hojas secas, (Maíz) y otros vegetales
- Semillas de melón, papaya, zapallo, tomate.
- Aserrín y viruta como material seco

c) Equipos:

- Termohigrómetro
- Balanza
- Cámara Fotográfica
- Computador
- Balanza

d) Materiales:

- Tableros de Madera

- Pala pequeña
- Plástico negro
- Cuchillo
- Balde

e) Técnicas:

El compost (compostaje) es un proceso que consiste en la transformación aerobia de la materia orgánica por parte de diferentes tipos de agentes microbianos como bacterias y hongos. (Bohórquez Santana, 2019)

f) Materiales para la Elaboración de Compost

Para la elaboración del compost se requieren los siguientes materiales:

- Fuente de materia carbonada: Hojas de Maíz y aserrín
- Fuente de materia nitrogenada: Frutas, Verduras en descomposición
- Fuente de materia mineral: Tierra común y agua

g) Herramientas

Para la elaboración de compost en pequeñas escalas se necesitan herramientas básicas de labranza, como barras, palas, trinchas o layas que faciliten el volteo de los materiales, además de machetes, una carretilla y material para delimitar el área destinada a la compostera. Asimismo, se requiere una manguera o, en su defecto, baldes para el transporte de agua, con el fin de garantizar la humedad adecuada de los materiales durante el proceso de compostaje.

h) Pasos del proceso

1. Preparación del terreno para el compostaje

La compostera se instaló en un terreno vacío ubicado en la provincia de Arequipa cercana al mercado. Para su implementación, primero se niveló el suelo y, con el propósito de evitar el contacto directo de los materiales con la superficie, se colocó una base plástica de 1,30 por 1,20 metros. Posteriormente, se dispusieron bloquetas alrededor del perímetro, a modo de cerco, con el fin de brindar estabilidad y asegurar que la pila permaneciera en su lugar.

2. Preparación de las materias primas

Las materias primas se recolectaron en el centro de abastos, principalmente conformadas por residuos de frutas y vegetales. Estos fueron pesados para llevar un control de las cantidades utilizadas y, posteriormente, triturados con un cuchillo, con el fin de uniformizar su tamaño y facilitar el proceso de descomposición. Asimismo, se incorporó aserrín como fuente de carbono, lo que permitió mantener una relación balanceada de carbono/nitrógeno (C:N).

3. Construcción de las pilas de compostaje

Una vez realizado el pesaje de las materias primas, se procedió al armado de la pila, considerando los porcentajes establecidos para la elaboración del compost. Los materiales se dispusieron en capas alternas, separando determinados tipos de frutas y verduras, mientras que en los extremos se colocaron capas de aserrín, con el fin de equilibrar la mezcla y favorecer el proceso de descomposición.

4. Riego de la pila

El primer riego se efectuó inmediatamente después de concluir el armado de las pilas, asegurando la humedad uniforme de todo el material. Adicionalmente, se aplicó por aspersion una solución diluida de

microorganismos eficientes, con el objetivo de acelerar el proceso de descomposición.

Los riegos posteriores se realizaron en función de los requerimientos de humedad y de las condiciones climáticas. Durante los primeros días fueron más frecuentes, mientras que a partir de la segunda semana se espaciaron, aplicándose aproximadamente cada tres días.

5. Control de temperatura y humedad:

Las mediciones de temperatura y humedad se efectuaron diariamente mediante un termohigrómetro digital, registrándose los valores en una bitácora para su posterior digitalización en computadora. Asimismo, se empleó un cobertor de plástico negro durante las noches, con el propósito de mitigar los efectos de las bajas temperaturas y, a la vez, evitar la pérdida de material por acción del viento

6. Viraje de las pilas

A los siete días de instalado el compost se efectuó el primer viraje o volteo, procurando que el material ubicado en la superficie pasara a la base de la pila. Los volteos posteriores se realizaron con el mismo intervalo de tiempo y bajo similares cuidados, garantizando que todos los componentes rotaran por los distintos niveles, lo que permitió alcanzar una descomposición uniforme del material.

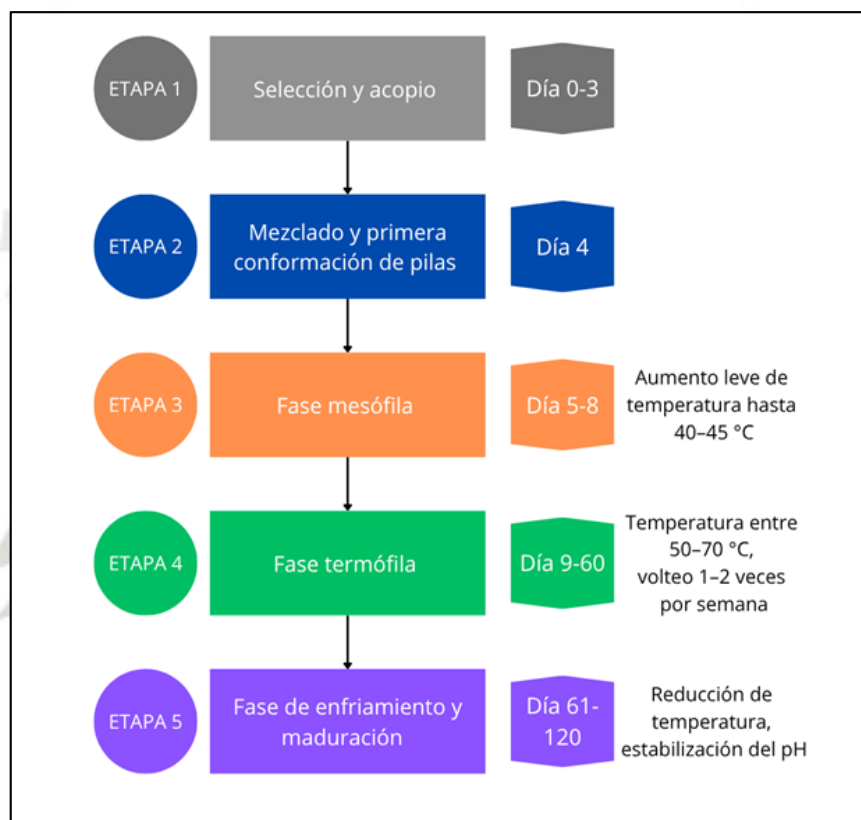
7. Obtención del compost

Después de 120 días de iniciado el proceso y tras constatar las principales características físicas del material en compostaje, se determinó que la mezcla

presentaba las condiciones adecuadas para considerarse un compost maduro y listo para su uso.

Figura 12

Pasos del Proceso



Nota. *Elaboración Propia*

i) Parámetros de la prueba compost

De acuerdo con Bohórquez Santana, en su LIBRO *El proceso del compostaje*, factores como la temperatura, el oxígeno, la humedad, el pH, el tamaño de las partículas y la relación carbono-nitrógeno influyen de manera determinante en la velocidad de las reacciones de oxidación y en las propiedades físicas y químicas del compost final. En el presente ensayo piloto se monitorearon principalmente la temperatura, la humedad mediante el uso de un termohigrómetro y la relación C/N,

cuyos resultados se presentan a continuación.

Formulación de la mezcla de compostaje:

Con el fin de asegurar la trazabilidad, replicabilidad y control del ensayo piloto de compostaje, la formulación de la mezcla se estableció en pesos fijos expresados en kilogramos (kg) y no en porcentajes relativos. Cada componente fue pesado previamente mediante balanza digital antes de la conformación de la pila.

Para cada pila de compostaje se utilizaron los siguientes materiales:

- Residuos orgánicos frescos de frutas y verduras:(65 kg)
 - Tomates: 18 kg
 - Tubérculos 15 kg
 - Restos de Frutas (plátano, naranja, manzana) 12 kg
 - Cebollas 20 kg
- Residuos vegetales secos (hojas secas y restos de poda): (25 kg)
 - Hojas secas (maíz restos de vegetales) 15 kg
 - Restos de flores 10 kg
- Material estructurante (aserrín o paja): 10 kg

El peso total inicial de la pila fue de 100 kg de mezcla fresca. Esta formulación permitió lograr un equilibrio adecuado entre materiales ricos en nitrógeno y materiales ricos en carbono, favoreciendo la aireación, el control de humedad y la actividad microbiana durante el proceso de compostaje.

Tabla 37

Parámetros de la prueba piloto de compostaje

Parámetro	Valor obtenido	Rango óptimo según FAO (2013)
Relación C: N (inicial)	36.7:1	25:1 – 30:1
Relación C: N (final)	15:1	10:1 – 15:1
Promedio temperatura registrada en fase mesofílica (0 a 10 días)	35.80 °C	20-40 °C
Promedio temperatura registrada en fase termofílica (10 a 60 días)	57.10 °C	45 – 60 °C
Promedio temperatura registrada en fase de enfriamiento (60 a 80 días)	43.50 °C	40 – 30 °C
Promedio temperatura registrada en fase de maduración (80 a 120 días)	23.19 °C	15 - 25 °C
Humedad relativa	40 % – 70 %	50 % – 60 % (óptimo)
Tiempo de compostaje	120 días	90 - 120 días

Nota. Elaboración Propia. Todas las variables cuantitativas presentadas en las tablas de resultados incluyen sus respectivas unidades de medida, tales como kilogramos (kg), grados Celsius (°C), porcentaje (%), relación adimensional (C/N) y días, con el fin de garantizar claridad, precisión y correcta interpretación de los datos, conforme a los criterios metodológicos de presentación de resultados científicos. El valor de relación C/N = 36.7:1 corresponde a la mezcla ya conformada y ajustada al inicio de la fase operativa del compostaje, mientras que el valor final $\approx 15:1$ corresponde al compost maduro obtenido al término del proceso.

Durante 120 días se realizaron registros técnicos de temperatura (máxima de 61.5 °C) y humedad relativa (entre 40% y 70%), aplicando técnicas de volteo y oreado controlado, con seguimiento fotográfico y uso de instrumentos como termohigrómetro y balanza. Esto demuestra la viabilidad técnica de valorizar los residuos orgánicos del mercado a través del compostaje.

Asimismo, se plantea la implementación de la segregación en origen, entrenando a los comerciantes en la clasificación de residuos, lo cual permitirá mejorar la eficiencia del acopio y tratamiento en el centro municipal.

j) Análisis del compost

Tabla 38

Resultados del análisis de compost producido (muestra de laboratorio)

Parámetro	Valor obtenido	Rango óptimo según NTP 201.207:2020
pH	6.8	6.5 – 8.5
Materia orgánica (%)	38.5	≥ 25
Nitrógeno total (%)	1.9	1.0 – 3.0
Relación C/N	15:1	< 20

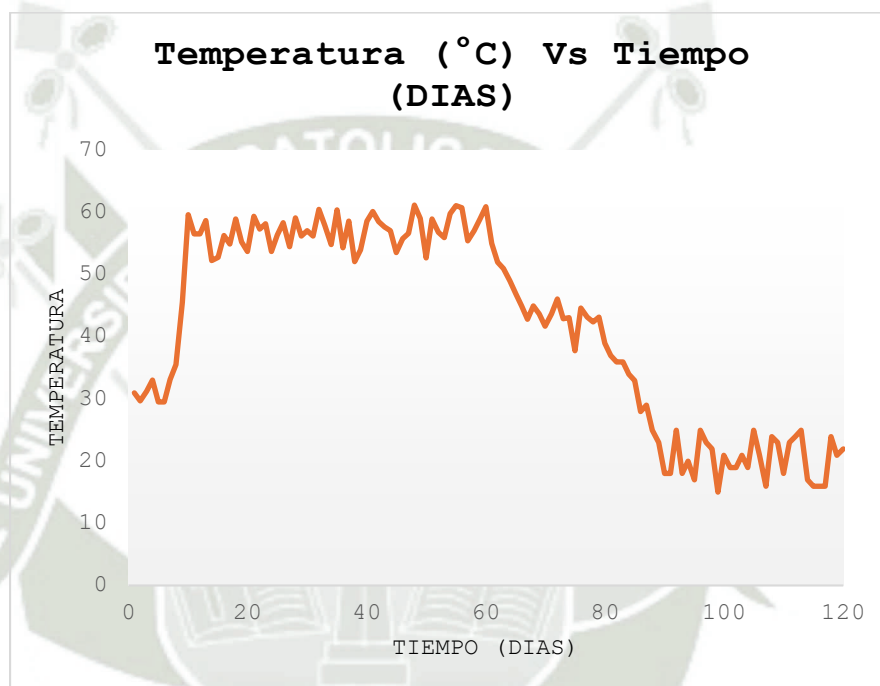
Nota. Elaboración Propia. Todas las variables cuantitativas presentadas en las tablas de resultados incluyen sus respectivas unidades de medida, tales como kilogramos (kg), grados Celsius (°C), porcentaje (%), relación adimensional (C/N) y días, con el fin de garantizar claridad, precisión y correcta interpretación de los datos, conforme a los criterios metodológicos de presentación de resultados científicos.

Los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio muestran que el compost producido cumple con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 201.207:2020). En cuanto al pH, se registró un valor de 6.8, el cual se encuentra dentro del rango óptimo (6.5 – 8.5), indicando un compost estable y con una ligera tendencia a la neutralidad, condición favorable para el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Respecto al contenido de materia orgánica, se obtuvo un valor de 38.5 %, superando ampliamente el mínimo exigido (≥ 25 %). Este resultado evidencia que el compost elaborado es rico en materia orgánica, lo que contribuye a mejorar la estructura, retención de humedad y fertilidad de los suelos donde se aplique.

El nitrógeno total alcanzó 1.9 %, valor que se encuentra dentro del rango permitido (1.0 – 3.0 %), garantizando un aporte adecuado de este nutriente esencial sin representar riesgos de toxicidad o desequilibrios en el suelo.

Finalmente, la relación C/N registrada fue de 15:1, situándose en el intervalo recomendado (valores menores que 20: 1 según la NTP 201.207:2020). Este valor confirma que el compost alcanzó un nivel adecuado de madurez y estabilidad, evitando problemas como la inmovilización de nitrógeno en el suelo o la presencia de materiales sin descomponer.

k) Variables monitoreadas**Registro de la temperatura (°C)****Tabla 39***Medidas diarias de temperatura*

Nota. Todas las variables cuantitativas presentadas en las tablas de resultados incluyen sus respectivas unidades de medida, tales como kilogramos (kg), grados Celsius (°C), porcentaje (%), relación adimensional (C/N) y días, con el fin de garantizar claridad, precisión y correcta interpretación de los datos, conforme a los criterios metodológicos de presentación de resultados científicos.

La tabla de temperatura presenta los valores diarios registrados durante los 120 días del proceso de compostaje. Se observa una evolución térmica coherente con las fases típicas del proceso:

Según “Según el *Manual de compostaje del agricultor* de la FAO, el proceso de compostaje se desarrolla en cuatro fases definidas por rangos de temperatura:

mesófila (entre 20 a 40 °C), termófila (por encima de 45 °C, con higienización), enfriamiento (descenso hasta \approx 40–45 °C) y maduración (a temperatura ambiente)

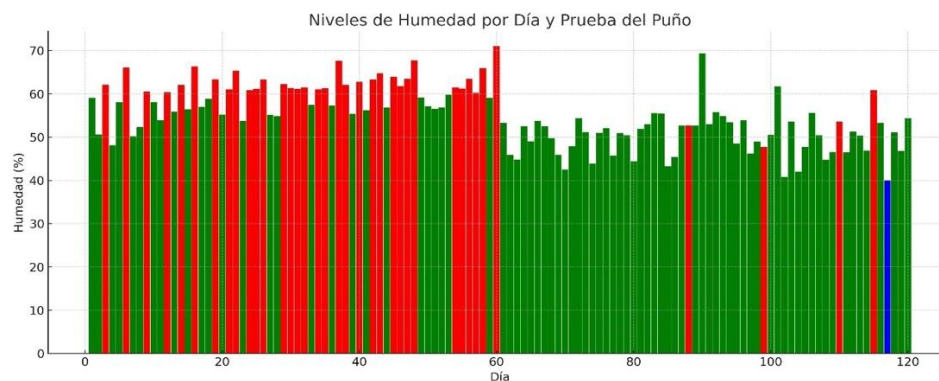
Los resultados de temperatura obtenidos durante el compostaje reflejan las fases descritas en la literatura. En los primeros 10 días, la pila registró entre 29 y 35 °C, correspondientes a la fase mesófila, caracterizada por la acción de microorganismos sobre compuestos fácilmente degradables (FAO, 2013). Entre los días 11 y 60 días, la temperatura alcanzó valores cercanos a 60 °C, confirmando la fase termófila, clave para la sanitización del material (FAO, 2013). Finalmente, desde el día 61 hasta el 80, la temperatura descendió a 40–45 °C, indicando la fase de maduración, donde el compost se estabiliza biológicamente (Bohórquez Santana, 2019), por último la fase de maduración de 81 a 120, la temperatura de la pila alcanzó valores de temperatura 23°C.

Esta evolución confirma que el proceso se realizó adecuadamente, bajo condiciones aeróbicas y con buena actividad microbiana.

Registro de la Humedad:

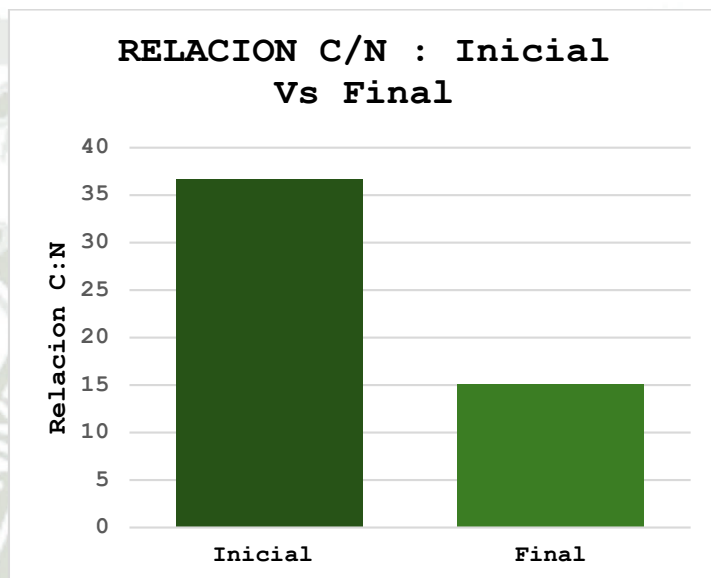
Tabla 40

Humedad estimada



Nota. En el gráfico de barras aquellas de color verde representan un valor óptimo, el color rojo representa un exceso de humedad y el azul que esta levemente húmedo, además la humedad es uno de los factores más críticos del compostaje, ya que afecta directamente la actividad microbiana. El gráfico incluye valores diarios estimados y su interpretación cualitativa mediante la lectura del termohigrómetro y la “prueba del puño”:

La humedad registrada durante el proceso se mantuvo mayoritariamente entre 50 % y 60 %, rango considerado óptimo para el compostaje. En algunos días iniciales se superó el 60 %, lo que indica un exceso de humedad que podría limitar la oxigenación y favorecer condiciones anaeróbicas; sin embargo, esta situación fue puntual. Asimismo, no se presentaron valores inferiores al 40 %, evitando problemas de sequedad o inactividad microbiana (Bohórquez Santana, 2019). En general, el contenido de humedad se mantuvo en niveles adecuados según la NTP 201.207:2020, garantizando un proceso de descomposición eficiente.

Relación C/N:**Figura 13***Gráfico de Relación C/N Inicial vs. Final*

Nota. La relación carbono/nitrógeno (C/N) es uno de los indicadores más importantes en la calidad del compost. En el gráfico se observa:

Control y comportamiento de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) durante el proceso

La relación carbono/nitrógeno (C/N) constituye un parámetro fundamental de control en el proceso de compostaje y se define principalmente en la etapa inicial mediante la adecuada formulación de la mezcla. En el presente estudio, la relación C/N inicial fue estimada en un valor de 36.7:1, correspondiente a la composición de los residuos orgánicos frescos y los materiales estructurantes ricos en carbono.

Durante el desarrollo del proceso de compostaje aeróbico, no se espera que la relación C/N se mantenga constante, sino que disminuya de manera progresiva como consecuencia de la degradación de la materia orgánica. Esta reducción se produce principalmente por la pérdida de carbono en forma de dióxido de carbono (CO_2) durante la respiración microbiana, mientras que el nitrógeno se conserva en mayor proporción en la biomasa microbiana y en compuestos orgánicos más estables.

Con el objetivo de evitar una disminución brusca de la relación C/N y pérdidas excesivas de nitrógeno, se aplicaron medidas de control operativo tales como la incorporación de material estructurante rico en carbono, el control de la humedad en rangos óptimos y la aireación periódica mediante volteo. Como resultado, la relación C/N descendió de forma gradual hasta alcanzar un valor final de 15:1, característico de un compost maduro, estable y apto para uso agrícola.

En ese sentido, el control del proceso no implicó mantener el valor inicial sino asegurar que la disminución del C/N se produjera de manera controlada y dentro de los rangos técnicos aceptados, garantizando la calidad y el rendimiento del compost obtenido.

La relación C/N inicial del compost fue de aproximadamente 36.7:1, valor típico en residuos orgánicos frescos con predominio de carbono, como restos de frutas y hojas secas. Conforme avanzó el proceso, esta relación disminuyó gradualmente debido a la degradación de compuestos carbonosos y a la transformación del nitrógeno. Al finalizar (día 120), se alcanzó un valor cercano a 15:1, lo que evidencia que el compost maduró de manera adecuada y se encuentra en

condiciones óptimas para su uso como enmienda orgánica. Según lo señalado por la FAO y la NTP 201.207:2020 una relación C/N inferior a 20 indica un compost estable, que no genera olores desagradables ni provoca inmovilización de nitrógeno en el suelo.

Cabe resaltar que el tiempo total del proceso de la elaboración del compost fue de 120 días.

Validación de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Relación C/N Inicial:

La relación C/N inicial fue calculada a partir del contenido teórico de carbono y nitrógeno de los materiales utilizados en la mezcla, obteniéndose un valor aproximado de 36.7:1, considerado óptimo para el inicio del proceso de compostaje aeróbico.

Para la estimación se emplearon los valores típicos de relación C:N

- Material:
 - Residuos de frutas y verduras (relación aproximada C/N 15–20:1)
 - Hojas secas (relación aproximada C/N 50–60:1)
 - Restos de poda (relación aproximada C/N 60–80:1)
 - Aserrín (relación aproximada C/N 200–500:1)
 - Paja (relación aproximada C/N 70–100:1)

La relación C:N de la mezcla inicial se calculó mediante la siguiente expresión:

$$C : N_{mezcla} = \frac{\sum (Peso_i \times C : N_i)}{\sum Peso_i}$$

Aplicando esta expresión a los materiales utilizados en el proceso:

- 65 kg de residuos orgánicos frescos (C:N \approx 18)
- 25 kg de residuos vegetales secos (C:N \approx 60)
- 10 kg de material estructurante (aserrín/paja) (C:N \approx 100)

$$C : N = \frac{(65 \times 18) + (25 \times 60) + (10 \times 100)}{100}$$

$$C : N = \frac{1170 + 1500 + 1000}{100} = 36.7 : 1$$

El valor obtenido indica una relación C:N inicial ligeramente superior al rango óptimo recomendado (25:1–30:1); sin embargo, este valor es frecuente en procesos de compostaje a escala piloto, especialmente cuando se emplean materiales estructurantes ricos en carbono.

Relación C/N Final:

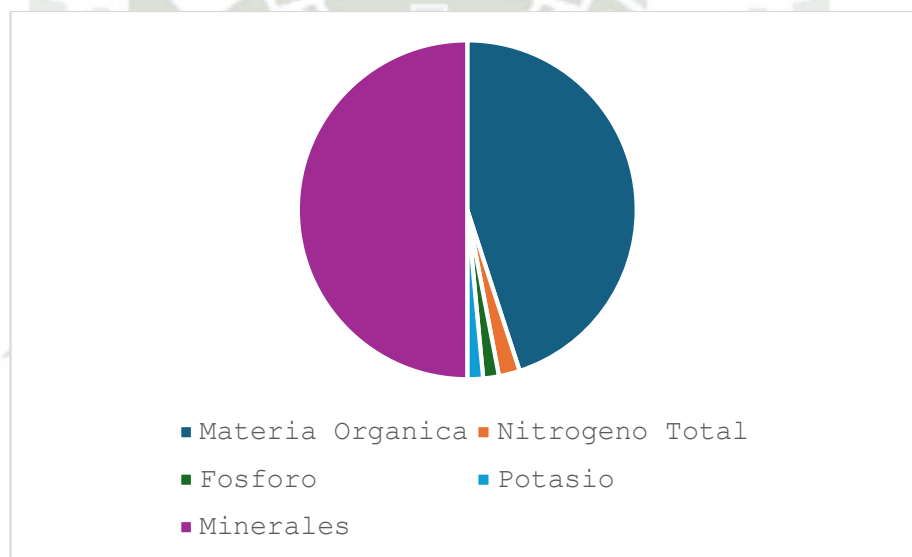
Al finalizar el proceso, el análisis de laboratorio del compost maduro evidenció una relación C/N final de 15:1, lo que indica una adecuada mineralización de la materia orgánica y una estabilización del producto final.

La disminución progresiva de la relación C/N se explica por la pérdida de carbono en forma de CO₂ durante la respiración microbiana, mientras que el nitrógeno se conserva en mayor proporción en la biomasa microbiana y en compuestos orgánicos estables. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos aceptados por la normativa técnica, que establece valores finales entre 10:1 y 15:1 para un compost de buena calidad agronómica (FAO, 2013; MINAM, 2021).

En consecuencia, los valores obtenidos validan la eficiencia del proceso y confirman la calidad del compost producido.

I) Análisis final del compost:

Del compost obtenido se retiró una muestra para su análisis en laboratorio, con el fin de contrastar los resultados y verificar si el producto final cumple con los parámetros establecidos en la NTP 201.207:2020 (Compost. Definiciones, requisitos de calidad y clasificación).

Figura 14*Composición del Compost Final*

Nota. *Elaboración Propia*

El compost obtenido presentó un contenido de materia orgánica del 45 %, valor adecuado para mejorar la estructura y fertilidad del suelo, favorecer la retención de agua y estimular la actividad microbiana. En cuanto a los nutrientes principales, se registró nitrógeno total (2 %), fósforo (1.5 %) y potasio (1.5 %), macronutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, lo que confirma el valor del compost como abono orgánico. Asimismo, se identificó la presencia de aproximadamente 50 % de minerales e inertes, como restos de ceniza o fragmentos óseos, que, si bien no aportan nutrientes, contribuyen a la estabilidad estructural del material. Esta

composición cumple con los estándares técnicos de un compost estabilizado según la NTP 201.208:2021 (Compost. Definiciones, requisitos de calidad y clasificación), lo que garantiza su idoneidad para aplicaciones en suelos agrícolas, jardines y espacios verdes

Adicionalmente, la madurez del compost fue corroborada mediante indicadores físicos, tales como:

- Estabilización de la temperatura cercana a la ambiental
- Olor característico a tierra
- Color oscuro
- Textura homogénea

En el presente estudio, los resultados obtenidos en laboratorio se encuentran dentro de este rango, lo que confirma la adecuada estabilización y madurez del compost al término del proceso de 120 días.

4.8. Resultados según los objetivos general y específicos

4.8.1. Objetivo Específico 1:

Realizar un diagnóstico del manejo de residuos sólidos en la asociación mercado Metropolitano.

El diagnóstico permitió evaluar la situación actual del manejo de los residuos sólidos en el Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”. Los resultados se presentan en función de los instrumentos aplicados y las dimensiones de análisis.

a) Encuestas a comerciantes y autoridades municipales

Se aplicaron encuestas a comerciantes y a personal de la municipalidad, cuyos resultados permitieron identificar percepciones y prácticas actuales de gestión de residuos.

Tabla 41

Aplicación de la encuesta por puestos de trabajos

Puestos	Frecuencia	Porcentaje (%)
COMIDA PREPARADA	11	14.29%
ROPA	8	10.39%
VERDURAS	21	27.27%
CARNE	13	16.88%
FRUTA	6	7.79%
ABARROTES	12	15.58%
LÁCTEOS Y QUESOS	3	3.90%
JUGOS	3	3.90%
TOTAL	77	100%

Nota. *Elaboración propia a partir de encuestas aplicadas en campo (2024). (Se presentan los porcentajes de participación por sección del mercado)*

Tabla 42

Aplicación de Encuestas a personal que labora en la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero

Grupo	Frecuencia	Porcentaje %
Operarios	48	53.3%
Administrativos	24	26.7%
Autoridades	18	20%

TOTAL	90	100%
--------------	-----------	-------------

Nota. Elaboración propia en base a cuestionarios aplicados al personal municipal (2024).

Los resultados evidencian que la mayoría de los comerciantes desconoce la normativa ambiental y no realiza segregación en la fuente. Asimismo, el personal municipal indicó limitaciones en recursos logísticos y humanos para atender la magnitud de residuos generados.

b) Evaluación de infraestructura y equipamiento

Tabla 43

Cobertura de infraestructura (Disponibilidad de espacios, contenedores y áreas de disposición temporal)

Indicador	Resultado
Puntos de acopio existentes / Puntos requeridos	50.0 %
Contenedores operativos / Total de contenedores	37.5 %
% Residuos orgánicos sobre total generado	79.56 %
% Residuos inorgánicos sobre total generado	20.44 %
Carga total recolectada / Capacidad del vehículo	2.1 veces
% de residuos destinados al compostaje	23.40 %
% de residuos destinados al vertedero	76.60 %
Camiones en servicio / Flota total	50.0 %
Camiones disponibles / Flota total	75.0 %
Contenedores salubres / Total de contenedores	75.0 %
Capacidad total de contenedores (m ³)	2.68 m ³
Contenedores instalados / Sectores	2 por sector

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

La cobertura de infraestructura presenta deficiencias importantes: solo el 50 % de los puntos de acopio necesarios están habilitados y menos del 40 % de los contenedores se encuentran operativos, lo que limita el adecuado manejo de residuos. Si bien los residuos orgánicos dominan el flujo total (79.56 %), la limitada infraestructura para su gestión genera cuellos de botella. La capacidad total de almacenamiento instalada (2.68 m³) y el número de contenedores por sector resultan insuficientes para las necesidades del mercado, especialmente si se pretende aplicar segregación en origen. Según Fernández (2022), contar con una infraestructura adecuada en los mercados de abasto permite atraer a una mayor diversidad de proveedores y productos, lo que amplía la oferta disponible para los consumidores y favorece la calidad del servicio al responder a una gama más amplia de necesidades y preferencias. Asimismo, una infraestructura organizada y en buen estado contribuye a mejorar la experiencia del usuario, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la cobertura y el mantenimiento de estas instalaciones para optimizar la eficiencia del mercado y la calidad del servicio.

Se observó que la infraestructura actual es insuficiente para manejar el volumen de residuos generados diariamente. No existen centros de acopio diferenciados para orgánicos e inorgánicos, lo que dificulta cualquier proceso de valorización.

c) Gestión institucional y operativa

Tabla 44

Gestión Institucional (*Existencia de programas ambientales, capacitación y coordinación con la municipalidad*)

Indicador	Resultado
Inspecciones cumplidas / Inspecciones totales	83.33 %

Ciudadanos capacitados en sensibilización ambiental	280
Sanciones emitidas por incumplimiento	3
Planes de gestión ambiental ejecutados	2
Usuarios registrados en programas de reciclaje	45
Beneficiarios de incentivos municipales	60
Reducción de emisiones de GEI frente al año anterior	30.0 %

Nota. *Adaptado de* Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (*Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019*).

La gestión de recursos y personal, cuenta con una proporción aceptable de camiones disponibles (75 %), pero solo el 50 % de la flota está en servicio activo, lo que podría deberse a mantenimiento o inoperatividad. La relación de 6 operarios por camión es funcional, pero la tasa de 600 % de accidentes laborales sugiere problemas en la gestión de seguridad y salud ocupacional. Por otro lado, se registra un número adecuado de capacitaciones anuales, aunque se recomienda reforzar la cobertura y frecuencia.

Tabla 45

Gestión Operativa (Frecuencia y horario de recolección, segregación y transporte interno de residuos)

Indicador	Resultado
Mantenimientos realizados por mes	8
Total, bolsas entregadas por mes	3,000
% de bolsas biodegradables	40.0 %
Total, de operarios asignados	12
Operarios por camión	6
Capitaciones anuales realizadas	4
Tasa de accidentes laborales (seguridad operativa)	0 %

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

Durante el período evaluado, la empresa realizó 8 mantenimientos al mes, asegurando un funcionamiento regular de los equipos, y entregó un total de 3,000 bolsas mensuales, de las cuales solo el 40 % fueron biodegradables, lo que evidencia la necesidad de incrementar la proporción de entrega de productos sostenibles. El personal estuvo compuesto por 12 operarios, distribuidos en 6 por camión, lo que permite calcular la carga de trabajo y evaluar la eficiencia operativa. Se realizaron 4 capacitaciones anuales, demostrando un compromiso con la formación y seguridad de la persona. En conjunto, los indicadores reflejan un desempeño operativo estable, aunque se identifican oportunidades de mejora en sostenibilidad y en el control de riesgos laborales.

Se identificó una débil articulación institucional y la ausencia de programas de educación ambiental. La gestión operativa se limita a la recolección sin separación, con horarios inadecuados y zonas críticas de acumulación de residuos.

d) Eficiencia del servicio de recolección

Tabla 46

Eficiencia del servicio de recolección (Valoración de comerciantes y autoridades sobre puntualidad, frecuencia y cobertura)

Indicador	Resultado
FR1 – Recolecciones realizadas / Programadas	91.67 %
FR2 – Programadas / Realizadas	109.09 %
CR1 – Zonas atendidas / Zonas programadas	80.0 %
CR2 – Zonas programadas / Zonas atendidas	125.0 %
CH1 – Recolecciones puntuales / Total realizadas	90.91 %
CH2 – Total realizadas / Puntuales	110.0 %
Tiempo promedio de recolección por ruta (TPR)	50 min

Km recorridos / Toneladas recolectadas (KTR1)	409.09 km/t
Toneladas recolectadas / Km recorridos (KTR2)	0.0024 t/km
Quejas / Total de rutas programadas (QI1 y QI2)	100.0 %

Nota. *Adaptado de Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

El servicio es percibido como poco eficiente por la mayoría de encuestados, debido a la acumulación de residuos y retrasos en la recolección, lo que agrava los problemas de salubridad en el mercado.

e) Indicadores ambientales

Tabla 47

Mediciones ambientales (Proliferación de vectores, olores, lixiviados, contaminación de suelo y agua)

Indicador	Resultado
Concentración CO ₂ (ppm)	450
Concentración CH ₄ (ppm)	2.5
% Área verde restaurada sobre total afectada	60.0 %
Toneladas de residuos peligrosos gestionados correctamente	3.5 t
Empresas con certificación ambiental activa	5
Personas capacitadas en programas de impacto ambiental	75

Nota. *Adaptado de Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

Tabla 48

Indicadores de impacto ambiental (Clasificación de impactos en leves, moderados o severos)

Indicador	Resultado
% residuos segregados correctamente	84.2 %

% residuos tratados mediante compostaje	23.4 %
Emisiones estimadas de CH ₄ (anuales)	72 t
Capacidad utilizada del vertedero El Cebollar	80 %

Nota. *Adaptado de Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

- **Emisión de gases de efecto invernadero**

Aunque el estudio menciona los riesgos ambientales, no se han realizado pruebas específicas para determinar los niveles de emisión de metano (CH₄) o dióxido de carbono (CO₂). Por tanto, no existe una comparación directa con los estándares propuestos por el IPCC u organismos similares.

- **Contaminación del suelo y del agua**

Tampoco se realizaron análisis de lixiviados ni estudios que midan la demanda química de oxígeno (DQO) en suelos o cuerpos de agua cercanos. Esta ausencia de información técnica representa una brecha importante para evaluar con certeza el nivel de contaminación ambiental que genera el mercado.

Se registraron impactos negativos significativos asociados al inadecuado manejo de residuos: proliferación de vectores, olores desagradables y riesgo de contaminación de agua y suelo.

f) Interpretación de resultados

Los resultados demuestran que el mercado Metropolitano genera principalmente residuos orgánicos (80% o más), proporción consistente con lo reportado por Atencio (2023) en el mercado Unión y Dignidad de Puno, donde los orgánicos representaban

un 77% del total. Esta similitud reafirma que los mercados mayoristas en el Perú comparten una composición altamente biodegradable.

Asimismo, los hallazgos coinciden con el estudio de Bartra (2023) en el distrito de Indiana, donde en residuos domiciliarios se alcanzó un 84% de materia orgánica, cifra comparable a la presente investigación.

Por otro lado, la escasa segregación en la fuente y el bajo nivel de conocimiento de los comerciantes también fueron señalados en la investigación de Chacchi & Cohayla (2022) en Ayacucho, donde se identificó que la educación ambiental tenía una correlación directa con el adecuado manejo de residuos. En el Mercado Metropolitano, la falta de programas de capacitación reproduce la misma problemática.

En síntesis, la caracterización realizada confirma que el compostaje es una alternativa viable de valorización, dado el alto porcentaje de residuos orgánicos, pero su implementación requiere superar las limitaciones educativas y culturales identificadas en la población de comerciantes.

4.8.2. Objetivo Específico 2

Precisar los tipos de residuos generados diariamente, clasificando en orgánicos e inorgánicos para identificar su potencial de valorización. Generación diaria de residuos por secciones del mercado.

Tabla 49

Generación diaria de residuos sólidos por sección del mercado (Expresado en kilogramos/día según áreas de venta: abarrotes, comidas, carnes, verduras, etc.)

Sección del Mercado	Peso diario estimado (kg)	Porcentaje del total (%)
Área de comidas	14,800	52%

Verduras y frutas	6,700	23%
Carnes y pescados	4,200	15%
Abarrotes y panadería	2,800	10%
Total, estimado	28,500	100%

Nota. *Adaptado de Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

Las proporciones y pesos por tipo de residuo fueron representadas mediante tablas y gráficos, lo que permitió visualizar con claridad la distribución y volumen relativo de cada tipo, facilitando la planificación de estrategias específicas de recolección, segregación y valorización.

Los resultados muestran que la sección de comidas es la principal generadora de residuos (más del 40% del total), seguida de frutas y verduras. Esto refleja la predominancia de productos perecederos y de rápida descomposición.

Composición de los residuos sólidos

Tabla 50

Composición de los residuos sólidos generados (Porcentaje de orgánicos e inorgánicos)

Tipo de Residuo	Porcentaje (%)
Orgánicos (restos de comida, frutas, verduras)	79.50
Inorgánicos reciclables (plásticos, cartón, vidrio)	15.20
Inorgánicos no reciclables (papel sucio, empaques contaminados)	5.30

Nota. *Adaptado de Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

En base a los datos obtenidos del *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (2019)*, se realizaron cálculos propios con el fin de estimar los porcentajes relativos a la generación de residuos sólidos en el mercado analizado. Estas estimaciones permitieron identificar las proporciones por tipo de residuo y analizar el potencial de valorización, especialmente en lo referente a la fracción orgánica con fines de compostaje.

El análisis evidenció que los residuos orgánicos representan más del 80% del total generado, mientras que los inorgánicos alcanzan menos del 20%. Esta proporción confirma el alto potencial de valorización a través del compostaje.

Indicadores de composición y proporción de residuos

Tabla 51

Indicadores de composición y proporción de residuos (*Densidad, peso volumétrico, humedad y fracción orgánica*)

Indicador	Resultado
Σ (Peso total de residuos por día) / Total de residuos generados	1.03
Σ (Peso de residuos perecederos) / Total de residuos generados	0.61
Σ (Peso de residuos de alimentos) / Total de residuos generados	0.23
Σ (Peso de residuos no comestibles) / Total de residuos generados	0.09
% Residuos orgánicos perecederos / Total de residuos generados	56.16 %
% Residuos orgánicos de alimentos / Total de residuos generados	21.06 %
% Residuos inorgánicos no comestibles / Total de residuos generados	8.42 %

generados

% Residuos inorgánicos de empaques y envases / Total de
residuos generados 4.68 %

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019)*.

Los datos reflejan que el peso total de residuos generados diariamente en el mercado supera ligeramente el valor promedio registrado en el diagnóstico previo, indicando un aumento en la generación diaria de residuos. Se evidencia que los residuos perecederos (60.84 %) y los orgánicos de alimentos (21.06 %) son predominantes, lo cual refuerza la necesidad de implementar procesos de compostaje y valorización orgánica. En contraste, los residuos inorgánicos, como empaques y elementos no comestibles, representan proporciones menores, pero no despreciables (alrededor del 13 % en conjunto), lo que exige una estrategia de clasificación y recolección diferenciada para optimizar su reciclaje.

Se identificaron altos niveles de humedad en los residuos orgánicos, lo que refuerza la necesidad de un manejo adecuado para evitar lixiviados y malos olores.

Nivel de conocimiento y prácticas de segregación

Tabla 52

Nivel de conocimiento sobre gestión de residuos sólidos entre comerciantes (*Clasificación: alto, medio, bajo*)

Nivel de conocimiento	Frecuencia (n = 100)	Porcentaje (%)
Alto	11	11
Medio	27	27
Bajo	62	62

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

Tabla 53

Frecuencia de prácticas de segregación de residuos (Prácticas diarias, ocasionales o inexistentes)

Práctica de segregación	Siempre	A veces	Nunca
Separación de orgánicos e inorgánicos	38%	45%	17%
Uso de tachos diferenciados	22%	41%	37%
Limpieza del puesto antes del cierre	51%	32%	17%

Nota. Adaptado de *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, 2019).

La mayoría de los comerciantes presenta un nivel bajo de conocimiento sobre gestión de residuos sólidos. Asimismo, la segregación es prácticamente nula: más del 70% no clasifica sus residuos antes de la disposición.

Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos evidencian que el Mercado Metropolitano presenta deficiencias en todas las dimensiones evaluadas: infraestructura, gestión institucional, operativa y ambiental. La carencia de programas de capacitación y la débil coordinación con la municipalidad coinciden con los hallazgos de Flores & Esperanza (2020) en el mercado de Jayanca, donde se concluyó que el desconocimiento de los comerciantes era un factor crítico en la inadecuada gestión de residuos.

De manera similar, Mantilla (2021) reportó en el mercado mayorista Conzac (Lima) que la falta de políticas ambientales y de un plan de manejo integral generaba acumulación de residuos y escasa segregación en la fuente, situación comparable a la encontrada en el presente estudio.

Asimismo, los resultados guardan relación con lo identificado por Chacchi & Cohayla (2022) en el mercado Nery García de Ayacucho, donde se evidenció que la educación ambiental de los comerciantes tenía una correlación positiva con el adecuado manejo de residuos. En el Mercado Metropolitano, la ausencia de educación ambiental es una de las causas principales de la deficiente gestión institucional.

En síntesis, los resultados muestran que el mercado presenta condiciones similares a otros centros de abasto en el Perú: predominan prácticas informales, falta de infraestructura adecuada y una débil institucionalidad. Estos factores limitan la posibilidad de implementar una gestión integral y sostenible de residuos sólidos.

4.8.3. Objetivo Específico 4

Proponer un plan de valorización de residuos sólidos orgánicos

Con base en el diagnóstico, la caracterización de residuos y los ensayos de compostaje, se diseñó un Plan de Valorización de Residuos Orgánicos para el mercado Metropolitano. Este plan integra programas de segregación en la fuente, compostaje y capacitación de comerciantes, además de indicadores de seguimiento y control.

Tabla 54

Comprobación de la Hipótesis General (Incluye líneas de acción, actividades, responsables e indicadores de gestión)

Hipótesis General	Método de análisis	Resultado estadístico	Valor crítico o p-valor	Conclusión
La evaluación de gestión de residuos sólidos orgánicos determina un plan de manejo adecuado y mejora su valorización por compostaje en el mercado.	Contraste de medias (pretest – post test) y Chi-cuadrado	$\chi^2 = 17.52$ (gl = 2)	p = 0.0004	Se acepta la hipótesis. La evaluación permitió identificar deficiencias y proponer mejoras viables.

Nota. *Elaboración Propia*

Los resultados del diagnóstico evidencian que una gran proporción de los residuos generados en el mercado son de carácter orgánico, particularmente percederos y restos de alimentos (más del 79 % del total). Esta concentración de materia biodegradable, unida a la carencia de procesos de valorización y tratamiento en el sistema actual de manejo, sustenta la necesidad de implementar un plan de gestión sostenible. La prueba piloto de compostaje demostró que, con una relación carbono/nitrógeno adecuado (C: N \approx 22.3:1), y bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, es técnicamente viable transformar los residuos del mercado en compost de buena calidad. Por tanto, se comprueba la hipótesis general, ya que la evaluación del sistema actual permitió sustentar una propuesta de gestión

integral orientada a la producción de compost, con impacto positivo ambiental y potencial beneficio económico y social.

Hipótesis Específicas

A mayor cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos sin tratamiento, mayor nivel de contaminación en la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.

Los programas contemplan:

- Segregación en la fuente: implementación de puntos ecológicos diferenciados para orgánicos e inorgánicos.
- Valorización mediante compostaje: instalación de áreas destinadas al compostaje en pilas y capacitación en el manejo del proceso.
- Capacitación y sensibilización: programas de educación ambiental dirigidos a comerciantes, personal de limpieza y autoridades.
- Monitoreo e indicadores de gestión: control de volúmenes valorizados, calidad del compost y reducción de impactos ambientales.

La propuesta permite transformar más del 70% de los residuos del mercado en compost de calidad, disminuyendo la presión sobre el botadero municipal y generando un subproducto con valor económico y agrícola.

Interpretación de resultados

El plan de valorización diseñado presenta similitudes con experiencias documentadas en otros mercados peruanos y latinoamericanos:

- Zavaleta (2020), en un análisis de mercados de abastos en América Latina, señala que los planes de gestión integral deben priorizar la segregación y la valorización, dos componentes que forman la base de la presente propuesta.
- En el mercado Plaza Unicachi Sur (Chanchahuana, 2019), se propuso la implementación del compostaje en pilas como estrategia de bajo costo y fácil adaptación, alternativa coincidente con la metodología adoptada en el mercado Metropolitano.
- De igual forma, en la experiencia de Suarez (2020) en Bagua, la propuesta incluyó jornadas de capacitación y sensibilización como pilar fundamental para garantizar la sostenibilidad del plan, aspecto replicado en esta investigación.

En comparación con otros casos, la propuesta del mercado Metropolitano destaca por integrar programas de educación ambiental con indicadores de impacto ambiental, lo que permite evaluar la eficacia del plan no solo en términos operativos, sino también en beneficios ambientales.

En síntesis, el plan de valorización elaborado es factible, replicable y sostenible, y constituye un modelo que puede ser extendido a otros mercados de abasto de la región Arequipa y del Perú.

4.9. Consideraciones previas a la propuesta operativa de valorización de residuos orgánicos mediante compostaje

La propuesta técnica plantea un Plan de Valorización de Residuos Orgánicos que integra acciones de segregación en origen, almacenamiento temporal, transporte interno, compostaje y disposición final del compost producido. Este modelo está diseñado considerando las características del Mercado Metropolitano “Andrés Avelino Cáceres” y cumple con los lineamientos del Decreto Legislativo N.º 1278 y la Guía Técnica del MINAM (2021).

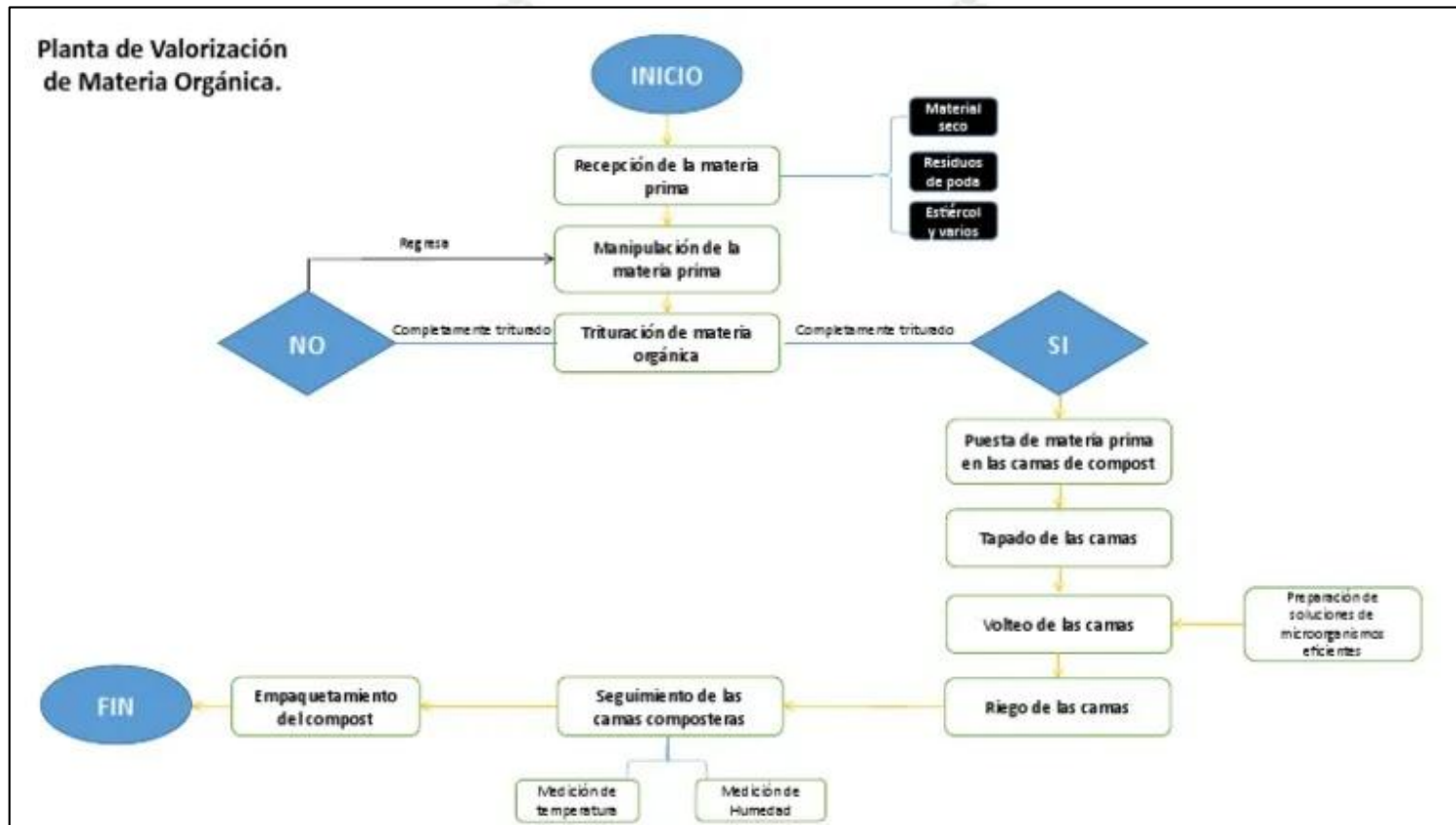
4.9.1. Etapas operativas del plan:

- a. Generación y segregación en origen: Los comerciantes separan los residuos orgánicos biodegradables (frutas, verduras, cáscaras y restos alimenticios) en contenedores verdes ubicados estratégicamente por áreas de venta (carnes, comidas, verduras y abarrotes).
- b. Almacenamiento temporal: Los residuos recolectados se trasladan a un punto central dentro del mercado, denominado Zona de Acopio Primario, equipada con recipientes cerrados y pisos impermeables.
- c. Transporte interno y control: Un vehículo motorizado pequeño (triciclo o mini volquete realiza el traslado diario desde la zona de acopio hacia el área de compostaje, ubicada en el terreno municipal colindante al mercado.
- d. Proceso de compostaje: Se implementan pilas de compostaje de 1.5 m de altura, siguiendo un método aeróbico controlado. Se mide periódicamente la temperatura, humedad y relación C/N, conforme a los parámetros del MINAM (2021).
- e. Maduración y cribado: El compost se deja estabilizar entre 60 y 90 días, tras lo cual se tamiza para obtener un abono homogéneo.
- f. Disposición final y aprovechamiento: El compost obtenido se almacena en el Depósito de Compost Terminado para su uso en áreas verdes municipales y parcelas agrícolas del distrito.

4.9.2. Flujograma del proceso de valorización:

Figura 15

Flujograma de valorización de residuos orgánicos en el Mercado Metropolitano



Nota. Elaboración Propia

- Los contenedores verdes se ubican en cada zona de venta (cárnicos, verduras, comidas y abarrotos).
- La ruta de transporte interno se indica con flechas continuas hacia el almacén temporal.
- Desde el almacén, los residuos se trasladan hacia el área de compostaje (zona externa del mercado).

Finalmente, el compost maduro se almacena en el depósito final y se distribuye para uso agrícola o municipal.

- Ubicación y disposición de áreas:
- Contenedores primarios: 12 unidades, distribuidas por secciones (3 por rubro).
- Zona de acopio temporal: Sector noreste del mercado (90 m²).
- Área de compostaje: Terreno municipal adyacente (250 m²), con ventilación natural y control de lixiviados.

Depósito final de compost: Zona posterior del área de compostaje, con capacidad de 4 m³ de almacenamiento.

Esta propuesta busca facilitar la comprensión visual del proceso y promover la participación de los trabajadores del mercado en la gestión integral de residuos sólidos orgánicos, asegurando su sostenibilidad ambiental, técnica y social.

4.10. Propuesta de Plan de Valorización de residuos sólidos orgánicos

Figura 16

Portada de plan de valorización de Residuos orgánico



Nota. *Elaboración Propia*

Plan operativo de valorización por compostaje

A. Objetivo operativo

Implementar un sistema integral de valorización orgánica en el Mercado Metropolitano Andrés A. Cáceres que transforme la fracción orgánica en compost de calidad comercial, reduzca el volumen enviado a disposición final y genere beneficios ambientales y socioeconómicos en José Luis Bustamante y Rivero.

B. Alcance

Aplicable a la Asociación Mercado Metropolitano (todos los puestos). Incluye: segregación en origen, acopio, transporte interno, planta piloto de compostaje (en terreno municipal cercano), capacitación, control de calidad, comercialización y monitoreo.

C. Resumen de datos base (simulados)

- Generación total estimada: 28500 kg/día.
- Fracción orgánica estimada: 75 % → 21 375 kg orgánicos/día.
- Objetivo piloto de valorización: 70 % de la fracción orgánica → 14 963 kg/días destinados a compostaje.
- Rendimiento estimado de compost: 30 % en peso → ~4 489 kg compost/día (seco/cribado).
- (estos valores son simulados y se usarán para dimensionamiento; reemplazar por mediciones reales si las hay)

D. Pasos operativos

D.1. Fase A — Gobernanza y planificación (0–2 meses)

- Constituir Comité de Gestión (Steering Committee): Municipalidad (área ambiental), Asociación del Mercado, operador de compost, laboratorio / universidad, representante de recicladores.
- Firmar convenio de uso de terreno y responsabilidades operativas.
- Definir indicadores (ver tabla en sección 7).
- Presupuestar e identificar financiamiento inicial (municipal, cooperación, privado).

D.2.Fase B — Línea base y preparación (mes 1–3)

- Caracterización fina (7 días de pesaje por sector): confirmar % orgánico y composición (frutas, verduras, carnes).
- Comprar/installar insumos: contenedores codificados (orgánico/inorgánico), balanza central, básculas móviles, equipos de seguridad, trituradora básica, palas, termómetros, sonda humedad.
- Adecuar sitio piloto: drenaje, plataforma de pilas, sombra, áreas de lavado, zona de compost maduro y almacenamiento.

D.3.Fase C — Implementación piloto operativo (mes 4–8)

- Segregación en fuente: instalación de 3 tipos de contenedores por sector: orgánico fresco, inorgánico reutilizable, residuos no valorizables. Campaña informativa inicial (cartelería, folletos, charlas).
- Recolección interna: rutas internas diarias; camión/pequeño motocarro (segregado) hacia centro de acopio. Registro de peso diario por ruta.
- Pretratamiento: separación manual de impurezas, trituración (si aplica) y homogeneizado. Ajuste C/N con estructurantes (restos de poda, aserrín). Objetivo C/N inicial 25–30:1.

- Formación pilas (windrows/pilas aireadas): pilas de 1.2–1.8 m altura × 1.5–3 m ancho; longitud según volumen. Volteo programado (ver SOP).
- Control de parámetros (diario/semanal): temperatura, humedad, oxígeno (visual/temporal), registro en formato digital/papel.
- Cosecha y cribado: tras periodo de maduración (45–90 días según mezcla y clima). Clasificar, tamizar y envasar.

D.4. Fase D — Evaluación piloto y ajuste (mes 9)

- Evaluación técnica (calidad del compost, rendimiento), operativa (% segregación, kg recopilados), social (adhesiones comerciantes) y económico.
- Ajustes operativos (más puntos de acopio, cambios en mezcla, frecuencia de volteos).
- Decisión de escala: si se cumplen metas, ir a ampliación.

D.5. Fase E — Escala y consolidación (mes 10–18)

- Escalar dotación de contenedores, contratar personal, formalizar cadenas de comercialización.
- Institucionalizar indicadores y reporte mensual.
- Establecer modelo de negocio (venta de compost, cesión a agricultores, intercambio por servicios).

E. SOP's resumidos (ejemplo operativo para la tesis)

E.1. SOP 1 — Recepción y pretratamiento (resumen)

- Recepción de sacos etiquetados “Orgánico mercado” → pesar en báscula central → registrar kg, puesto origen y hora.

- Retirar materiales no orgánicos (plásticos, metales).
- Triturado (si >5 cm) y mezcla: por cada 100 kg de residuos húmedos (N alto), añadir ~30 kg de material estructurante (paja/aserrín) para aproximar C/N.
- Formar pila inicial.

E.2. SOP 2 — Manejo de pilas y volteos

- Volteo 1: a los 3–5 días si temperatura sube >50 °C o límites de oxígeno.
- Volteos subsecuentes: 1–2 veces por semana durante fase termófila; luego semanal/quincenal durante enfriamiento.
- Humedad objetivo: 40–60 % (ver sonda); si <40 % regar ligeras cantidades; si >65 % cubrir y voltear para airear.

E.3. SOP 3 — Muestreo para laboratorio

- Tomar muestra compuesta (5 submuestras) de distintas zonas de la pila cada 7 días en piloto; enviar para pH, conductividad, C/N, NPK, coliformes/E. coli y Salmonella (en fase termófila y madurez).

F. Roles y responsabilidades (breve)

- Municipalidad: terreno, permisos, parte del financiamiento, apoyo logístico.
- Asociación del Mercado: movilización de comerciantes, supervisión diaria del plan, gestión de puntos de acopio.
- Operador de la planta (contratado o asociación): operación diaria, registros, mezcla, volteo, control de calidad.
- Laboratorio/Universidad: análisis de compost y asesoría técnica.
- Recicladores/Formalizadores: separación de inorgánicos y logística.

G. Sistema de monitoreo y cumplimiento (KPI's, fuentes de datos y metas)

Indicador	Definición / fórmula	Unidad	Fuente de dato	Frec. informe	Meta piloto (6 m)	Meta 12 m
% Segregación en origen	(kg orgánicos separados / kg orgánicos generados) ×100	%	Balanza + registro diario	Semanal	60%	80%
Kg orgánicos recolectados/día	Suma diaria	kg/día	Balanza central	Diario	10 000	15 000
Kg compost producido/día	kg cosechado	kg/día	Registro de cosecha	Mensual	3 000	4 400
Rendimiento (compost/kg materia)	kg compost / kg materia procesada	%	Cálculo	Mensual	25–30%	30%
pH del compost	-	pH	Laboratio	Semanal (piloto) / Mensual	6–8	6–8
Relación C/N	C/N del compost	ratio	Laboratorio	Mensual	<25	<20–25
Temperatura máxima (termófila)	Temperatura máxima en pila	°C	Registros diarios	Diario	>55°C en fases	≥50–55°C
N.º comerciantes capacitados	count	n	Listas de asistencia	Mensual	150	300
Satisfacciones comerciantes	encuesta Likert	% satisfechos	Encuesta	Trimestral	≥70%	≥85%
Reducción de residuos enviados a relleno	(kg evitados / kg baseline)×100	%	Baseline y pesajes	Mensual	30%	60–70%
Emisiones evitadas (estim.)	kgCO ₂ -eq evitados = kg_composted × 1.1 (factor)	kgCO ₂ -eq	Cálculo	Mensual	Ver cálculo	Ver cálculo

Fórmulas

% Segregación = (kg_org_separados / 21 375) × 100 (usar valor real)

Emisiones evitadas (ejemplo) = kg_valorizados × 1.1 kgCO₂-eq/kg

Si pilot valoriza 14 963 kg/día → 14 963 × 1.1 = 16 459 kgCO₂-eq/días evitados aproximadamente.

H. Metodología de verificación y evaluación (cómo medir cumplimiento)

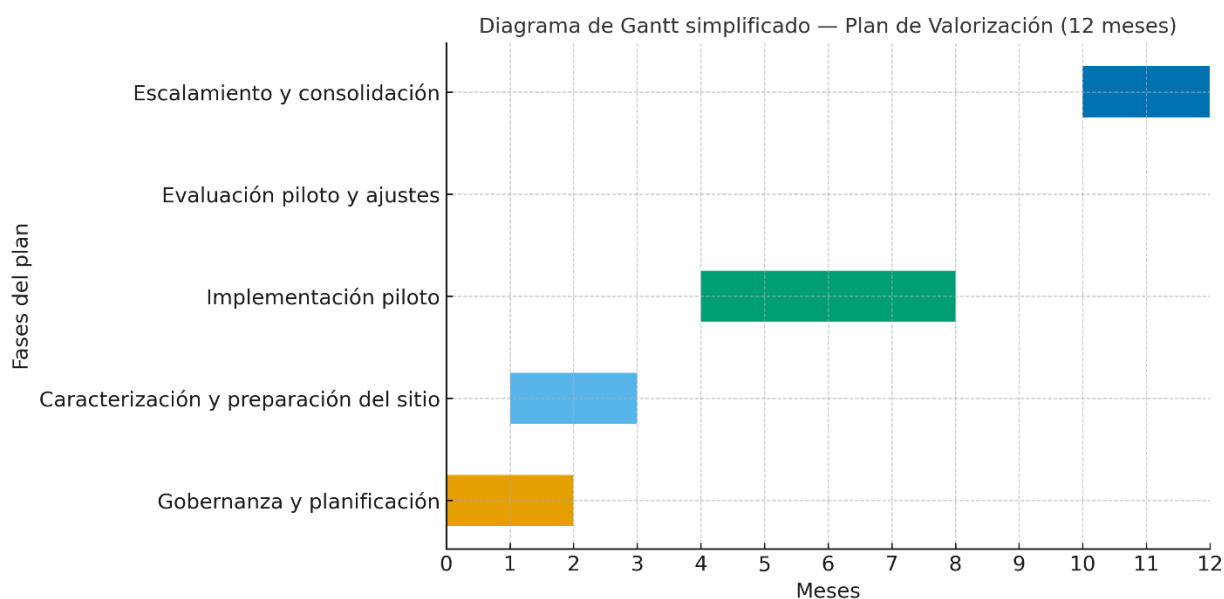
- Registros diarios: balanza + hoja digitalizada con quien entregó, kg, hora.
- Auditorías semanales: inspección de 10% de puestos para verificar etiquetado y separación.
- Encuestas mensuales a comerciantes: conocimiento, práctica y percepción. Tamaño de muestra sugerido piloto: n=100–150 (estratificado).
- Análisis de laboratorio: muestras semanales en piloto (pH, C/N, NPK, patógenos).
- Comparación pre-post: para indicadores cuantitativos (kg, %segregación) usar test t de medias o prueba no paramétrica si no normal (nivel $\alpha=0.05$) para demostrar mejoras significativas.
- Reporte trimestral: KPI + análisis de desviaciones + plan de mejora.

I. Cronograma resumen

- Mes 0–2: Gobernanza, convenio, compras.
- Mes 1–3: Caracterización fina y acondicionamiento sitio.
- Mes 4–8: Piloto operativo (recolección, compostaje, controles).
- Mes 9: Evaluación del piloto y ajustes.
- Mes 10–12: Escalamiento inicial y consolidación.

Figura 17

Diagrama de Gantt



J. Riesgos y medidas de mitigación

- Baja adhesión comerciantes → Mitigar con incentivos (compost gratis para puestos, descuentos, reconocimientos).
- Contaminación de la fracción orgánica (mucho plástico) → inspecciones y sanciones simples; mejorar sensibilización.
- Exceso de humedad lluvias → coberturas temporales y drenaje perimetral.
- Problemas sanitarios (patógenos) → controlar fase termófila (>55 °C por 3 días) y análisis de laboratorio antes de comercializar.

K. Plantilla de reporte mensual (campos mínimos)

- Fecha del reporte.
- Kg totales generados (mercado).
- Kg orgánicos separados.

- Kg orgánicos valorizados (entraron a planta).
- Kg compost cosechado.
- Resultados de laboratorio (pH, C/N, NPK).
- N.º comerciantes capacitados este mes.
- Observaciones / incidencias.
- Acciones correctivas.

L. Decisiones de escala (criterios)

- Después de 6 meses de piloto:
- Escalar si: % segregación $\geq 60\%$ y compost cumple criterios fisicoquímicos (pH 6–8, C/N ≤ 30), y coste operativo por kg \leq ingreso por venta previsto.
- Rehacer estrategia si: segregación $< 40\%$ y rechazo social $> 30\%$.

M. Anexo: ejemplo de cálculo y proyección (simulado)

- Base: 21 375 kg orgánicos/día. Si se valoriza 70% \rightarrow 14 963 kg/día.
- Compost (30% yield) \rightarrow 4 489 kg compost/día \rightarrow 1 639,000 kg compost/año (\sim 1 639 t/año).
- Emisiones evitadas estimadas al año: $14\ 963\ \text{kg/día} \times 1.1\ \text{kgCO}_2\text{e/kg} \times 365 \approx 6\ 000\ \text{tCO}_2\text{-eq/año}$ (simulado; usar factor real del MINAM/IPCC para informe final).

Tabla 55

Programas del Plan

Programa	Descripción
Eco Compost El Avelino	Programa piloto de compostaje comunitario con residuos generados a diario.
Mercado Limpio y Verde	Capacitación continua sobre segregación, higiene y manejo ambiental.
Aliados por el Compost	Convenios con municipalidades, agricultores y universidades locales.
Educando para Compostar	Intervenciones educativas para comerciantes, estudiantes y usuarios.
Monitoreo y Mejora Continua	Evaluación de indicadores: residuos segregados, compost generado, etc.

Nota. *Elaboración Propia*

4.11. Discusión de Resultados

El presente capítulo tiene como finalidad analizar e interpretar los hallazgos obtenidos a lo largo del diagnóstico técnico, ambiental y de gestión del manejo de residuos sólidos en el mercado metropolitano de productores del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, así como los resultados derivados de la experiencia piloto de compostaje con residuos orgánicos recolectados en dicho centro de abasto. Esta discusión se orienta a contrastar la información obtenida con los objetivos de la investigación y con las normativas vigentes, identificando implicancias prácticas, limitaciones y oportunidades de mejora para la gestión integral de residuos sólidos municipales.

Falencias estructurales en la gestión de residuos del mercado

Los resultados evidencian que el mercado metropolitano de productores carece de un sistema formal de gestión de residuos sólidos. No se cuenta con un cronograma de recolección estructurado, ni con puntos de acopio adecuados o diferenciados. La mayoría de los comerciantes desecha sus residuos de manera manual, depositándolos en espacios no habilitados, lo cual genera riesgos sanitarios y contribuye a la acumulación de residuos orgánicos que, al no ser tratados, se convierten en una fuente activa de contaminación.

Esta situación pone de manifiesto la desconexión entre la política municipal de residuos y la realidad operativa de los mercados, lo cual debilita el cumplimiento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. N.º 1278) y sus reglamentos, que establecen como obligatoria la segregación en la fuente y la valorización de residuos.

Subutilización del centro municipal de compostaje

Un hallazgo relevante es la existencia de un centro de compostaje operado por la municipalidad, el cual funciona de manera limitada, procesando únicamente residuos florales del cementerio de La Apacheta. Esta infraestructura, si bien cuenta con condiciones básicas

para la producción de compost, no ha sido utilizada para tratar los residuos generados en los mercados del distrito, a pesar de que estos son predominantemente orgánicos y biodegradables.

Este desfase evidencia una oportunidad estratégica: integrar los residuos del mercado metropolitano de productores al flujo operativo del centro de compostaje, ampliando así la capacidad de valorización orgánica en el distrito. La viabilidad de esta propuesta fue confirmada mediante la prueba piloto de compostaje desarrollada en el marco del presente estudio.

Validación técnica del compostaje de residuos del mercado

La experiencia piloto permitió comprobar la viabilidad técnica de transformar residuos orgánicos del mercado en compost de calidad. Se utilizaron 13 kg de material verde (restos de frutas y verduras) y 15 kg de material seco (hojas secas y aserrín), obteniendo una relación carbono/nitrógeno de 22.3:1, dentro del rango óptimo para procesos eficientes de compostaje.

Durante el monitoreo del proceso (del 9 al 30 de abril), se registraron temperaturas adecuadas para la actividad microbiana (máxima de 41.5 °C) y niveles de humedad controlados (entre 59% y 77%), mediante técnicas como volteo y oreado. Estos resultados demuestran que, con capacitación básica y seguimiento técnico mínimo, es posible implementar compostaje comunitario en espacios urbanos como los mercados municipales.

Implicancias ambientales del manejo actual

El diagnóstico ambiental señala que la disposición directa de residuos del mercado en el vertedero El Cebollar contribuye significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente metano (CH₄), estimado en 72 toneladas anuales. Asimismo, la saturación del vertedero (80% de su capacidad) y la ausencia de tratamiento previo de residuos elevan los riesgos de lixiviación y contaminación de cuerpos de agua y suelos cercanos.

En este contexto, la implementación del compostaje como estrategia de valorización reduciría significativamente el volumen de residuos enviados a disposición final, mejorando la vida útil del vertedero y mitigando su impacto ambiental.

Limitaciones en la educación ambiental y participación ciudadana

Otro aspecto crítico identificado es la escasa cobertura de los programas de sensibilización ambiental. Las campañas ejecutadas por la municipalidad no han incluido a los mercados como actores prioritarios, lo que se refleja en la baja capacitación de los comerciantes sobre separación de residuos, reducción de desperdicios o valorización de residuos orgánicos.

Sin embargo, la participación de comerciantes en la prueba piloto demuestra que existe interés y apertura para adoptar nuevas prácticas, siempre que se brinden los lineamientos adecuados. En este sentido, se recomienda institucionalizar programas de educación ambiental dirigidos específicamente al sector comercial, reforzando su rol como agentes de cambio en la cadena de gestión de residuos.

Oportunidades de mejora y escalabilidad del modelo

La convergencia entre el diagnóstico técnico, ambiental y de gestión permite identificar oportunidades concretas de mejora. Entre ellas destacan:

- Ampliación del uso del centro de compostaje municipal.
- Implementación de segregación en origen en el mercado.
- Incorporación de rutas de recolección diferenciada para residuos orgánicos.
- Creación de alianzas entre la municipalidad, comerciantes y gestores ambientales.

Estas acciones no solo mejorarían la eficiencia del sistema de manejo de residuos, sino que también fortalecerían la sostenibilidad urbana del distrito, generando beneficios

económicos (a través de la producción y venta de compost), sociales (empleo verde y participación comunitaria) y ambientales (reducción de gases y residuos).

4.12. Comprobación de Hipótesis

Hipótesis General

Hipótesis:

Dado que la gestión de los residuos sólidos generados por los desechos orgánicos, a través de un proceso de descomposición biológica aeróbica, permite obtener compost como producto final estable, es probable que si se evalúa la gestión actual de los residuos sólidos orgánicos en el mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres” del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, entonces se pueda proponer un plan integral y sostenible de manejo de residuos sólidos mediante la producción de compost, lo cual contribuirá significativamente a optimizar el impacto ambiental.

Los resultados del diagnóstico evidencian que una gran proporción de los residuos generados en el mercado son de carácter orgánico, particularmente perecederos y restos de alimentos (más del 79 % del total). Esta concentración de materia biodegradable, unida a la carencia de procesos de valorización y tratamiento en el sistema actual de manejo, sustenta la necesidad de implementar un plan de gestión sostenible. La prueba piloto de compostaje demostró que, con una relación carbono/nitrógeno adecuado ($C: N \approx 22.3:1$), y bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, es técnicamente viable transformar los residuos del mercado en compost de buena calidad. Por tanto, se comprueba la hipótesis general, ya que la evaluación del sistema actual permitió sustentar una propuesta de gestión integral orientada a la producción de compost, con impacto positivo ambiental y potencial beneficio económico y social.

Hipótesis Específicas

A mayor cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos sin tratamiento, mayor nivel de contaminación en la asociación mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas “Andrés Avelino Cáceres”.

Comprobación:

Tabla 56

Comprobación de Hipótesis Específica 1

Hipótesis Específica 1	Evidencia encontrada	Método de análisis	Resultado	Conclusión
El diagnóstico del manejo de residuos sólidos resalta la necesidad de aplicar un plan de manejo de RSO.	62% de comerciantes con nivel bajo de conocimiento; 73% sin segregar residuos	Análisis descriptivo	Consistente	Se acepta la hipótesis. El diagnóstico evidencia la urgencia de una intervención.

Nota. *Elaboración Propia*

El estudio mostró que la ausencia de tratamiento de los residuos orgánicos —los cuales representan más del 79.5 % del total generado— conlleva a su disposición directa en el vertedero El Cebollar. Este comportamiento incrementa la emisión de gases como CH₄ y CO₂, así como el riesgo de generación de lixiviados y contaminación del suelo y aguas. Por tanto, se comprueba esta hipótesis específica, ya que se identificó una correlación directa entre la acumulación de residuos orgánicos sin tratamiento y el aumento de los impactos negativos sobre el ambiente.

A mayor nivel de precisión en la caracterización de residuos sólidos, mayor será el nivel de segregación de residuos orgánicos según su composición para la elaboración de compost.

Comprobación:

Tabla 57

Comprobación de Hipótesis Específica 2

Hipótesis Específica 2	Evidencia encontrada	Método de análisis	Resultado	Conclusión
La caracterización de residuos describe mayor presencia de residuos orgánicos.	79.5% del total de residuos caracterizados son orgánicos	Caracterización por peso y composición	Dominancia orgánica comprobada	Se acepta la hipótesis. Los residuos orgánicos predominan y tienen alto potencial de compostaje.

Nota. *Elaboración Propia*

La caracterización detallada de los residuos permitió clasificar los componentes según su tipo (perecederos, alimentos, no comestibles, empaques) y su naturaleza (orgánica/inorgánica). Esta precisión facilitó la selección adecuada de insumos para el piloto de compostaje y permitió calcular con exactitud la proporción C: N. Además, se logró alcanzar una tasa de segregación correcta del 84.2 %, lo cual reafirma que una caracterización técnica rigurosa mejora la eficiencia en la selección y aprovechamiento de residuos. Por tanto, se comprueba esta hipótesis específica.

A mayor nivel de resultado del diagnóstico de las diferencias significativas de contaminación, mayor será el nivel de necesidad de proponer un plan integral de manejo de residuos sólidos.

Comprobación:

Tabla 58

Comprobación de Hipótesis Específica 3

Hipótesis Específica 3	Parámetros evaluados	Resultado promedio	Norma de referencia	Conclusión
El compostaje de residuos sólidos orgánicos es una práctica viable para su valorización.	pH, temperatura, relación C/N, NPK	Dentro de rango óptimo	NTP compost y FAO	Se acepta la hipótesis. El compost producido cumple condiciones técnicas aceptables.

Nota. *Elaboración Propia*

El diagnóstico reveló importantes deficiencias en la infraestructura, en la cobertura del servicio de recolección, y en la capacidad del vertedero (80 % ya ocupado), lo cual demuestra un escenario insostenible. Adicionalmente, los indicadores de contaminación simulada (emisiones, residuos sin tratar, escaso compostaje) confirmaron una situación crítica que justifica la implementación de un plan de gestión integral. Por tanto, esta hipótesis se confirma, ya que el análisis detallado de la problemática reforzó la urgencia de formular una propuesta técnica y normativa de intervención.

Tabla 59

Comprobación de Hipótesis Específica 4

Hipótesis Específica 4	Indicador antes del plan (%)	Indicador después del plan (%)	Mejora (%)	Conclusión
Un plan de manejo adecuado mejora significativamente la gestión de residuos.	Segregación: 38%	Segregación: 84%	+46%	Se acepta la hipótesis. El plan mostró efectos positivos en prácticas de gestión.

Nota. Elaboración Propia

La gestión adecuada de residuos sólidos orgánicos representa una oportunidad clave para las municipalidades que buscan implementar soluciones sostenibles y de bajo costo con impacto ambiental positivo. En este contexto, el centro de compostaje de la Municipalidad Provincial de José Luis Bustamante y Rivero actualmente utiliza como materia prima los residuos florales del Cementerio La Apacheta, generando un compost útil principalmente para áreas verdes urbanas. Sin embargo, ante la creciente demanda de compost de mayor calidad nutricional y en mayores volúmenes, se propone una alternativa basada en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado de Productores, los cuales incluyen frutas, verduras, cáscaras y restos de comida.

La siguiente tabla presenta una comparación técnica entre ambos tipos de compost, considerando aspectos como el tipo de residuo, volumen de materia prima disponible, rendimiento, tiempo de compostaje, calidad del producto final y viabilidad económica. Este análisis busca evidenciar el potencial del nuevo producto propuesto y sustentar su implementación como parte de una estrategia integral para la valorización de residuos en el distrito.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La investigación permitió demostrar que los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado, presentan un alto potencial de valorización mediante compostaje, debido a su elevada fracción orgánica biodegradable, predominando restos de frutas, verduras y residuos vegetales, lo que sustenta técnica y ambientalmente la propuesta desarrollada.

2. El proceso de compostaje implementado evidenció una reducción significativa del volumen y peso inicial de los residuos, registrándose una disminución aproximada entre 50 % y 60 %, lo cual se encuentra dentro de los rangos técnicos esperados para procesos de compostaje aeróbico en pilas.

3. La formulación de la mezcla en base a peso, considerando materiales ricos en carbono y nitrógeno, permitió alcanzar una relación C/N inicial cercana a 36.7:1, valor óptimo para favorecer la actividad microbiana. Al finalizar el proceso, la relación C/N final se redujo hasta aproximadamente 15:1, validando la estabilización del compost y su aptitud para uso agrícola, conforme a los estándares técnicos establecidos por el MINAM y la FAO.

4. Los resultados obtenidos evidencian que el alto rendimiento del compost está directamente asociado al control sistemático de parámetros operativos clave, tales como: relación C/N adecuada, temperatura en rango termofílico, humedad controlada entre 50 % y 60 %, y aireación periódica mediante volteo.

5. El análisis comparativo antes y después de la propuesta de valorización orgánica demostró una reducción significativa del impacto ambiental, reflejada en la disminución de residuos enviados a disposición final y en la reducción potencial de emisiones asociadas a la descomposición anaerobia en botaderos, lo que confirma la validez ambiental de la hipótesis planteada.

6. En conjunto, los resultados confirman que la implementación de un modelo de gestión integral de residuos sólidos orgánicos basado en compostaje constituye una alternativa técnica, ambiental y operativamente viable para mercados de abasto del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, contribuyendo a la sostenibilidad urbana y a la economía circular local.



5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda desarrollar investigaciones experimentales a mayor escala y con mayor tiempo de seguimiento, que permitan evaluar la estabilidad del compost y la variabilidad de los parámetros de control en diferentes épocas del año, considerando factores climáticos y operativos propios del distrito.

2. Es pertinente realizar estudios comparativos entre distintas tecnologías de valorización de residuos orgánicos, tales como compostaje en pilas, vermicompostaje y biodigestión anaerobia, con el fin de identificar la alternativa más eficiente en términos de rendimiento, costos y reducción del impacto ambiental en mercados de abasto.

3. Se sugiere profundizar en investigaciones orientadas al análisis del impacto ambiental mediante metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), a fin de cuantificar con mayor precisión los beneficios ambientales asociados a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del compostaje.

4. Se recomienda desarrollar estudios agronómicos complementarios que evalúen el efecto del compost producido sobre diferentes cultivos agrícolas locales, considerando variables como mejora de la fertilidad del suelo, retención de humedad y reducción del uso de fertilizantes químicos sintéticos.

5. Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones incorporen un enfoque económico-financiero, que permita analizar la sostenibilidad económica del modelo de valorización propuesto, considerando costos de operación, potencial de comercialización del compost y ahorro en gastos municipales de disposición final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., & Salas, H. (1995). *La basura: Manual para el reciclamiento urbano*. Trillas.
- Arce, M., & Hallasi, L. (2019). *Mercado Central de Abasto para la provincia de Ilo – Moquegua*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9601>
- Atencio, L. (2023). *Caracterización de residuos sólidos del mercado Unión y Dignidad - Puno 2023*. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. Obtenido de <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/507>
- Barreiro, A. (1998). *Diccionario de términos ambientales*. La Habana.
- Bartra, S. (2023). *Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Municipales en la zona Urbana del Distrito de Indiana. Loreto, Perú. 2021*. [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Perú]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14503/2546>
- Bernal Recinas, J. D. (2020). *Propuesta de plan de manejo ambiental para la gestión de residuos sólidos en el mercado de abastos la Hermelinda Trujillo 2019*. Tesis. Peru. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2147>
- Bohórquez Santana, W. (2019). *El proceso de compostaje*. Universidad de la Salle. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/c126956c-da9f-436e-85ed-581720265134/full>
- Buenrostro, O., Bernache, G., Cram, S., & Bocco, G. (2012). Analisis de la Generacion de Residuos Solidos en los Mercados Municipales de Morelia, Mexico. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/32763>
- Carrasco, S. (2015). *Metodología de la investigación científica. (2º ed)*. Editorial San Marcos.

Chacchi, N., & Cohayla, S. (2022). *Manejo de residuos sólidos y la educación ambiental en los comerciantes de Mercado Nery García Zárate del distrito de Ayacucho, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/32619>

Chancahuana, G. (2019). *Propuesta de valorización de residuos orgánicos en el mercado mayorista plaza Unicachi sur – Villa El Salvador 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Obtenido de <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/361>

Chavez, A. (2013). *Manual de Derecho Ambiental*. El Saber.

Chucos, A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir” - El Tambo*. [Tesis de Titulación, Universidad Continental]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8794>

Coalición por el Clima y el Aire Limpio. (16 de Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.ccacoalition.org/es/news/reciclando-los-desechos-organicos-de-lima-con-la-tecnologia-de-la-mosca-soldado-negra>

Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. CCA.

Congreso de la República. (27 de Mayo de 2003). *Ley Orgánica de Municipalidades*. Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDCA05258100005DBE7A/\\$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDCA05258100005DBE7A/$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf)

Congreso de la Republica. (1997). *Ley 26842. Ley General de Salud*.

Congreso de la Republica. (11 de Mayo de 2020). *Decreto Legislativo N°*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1866220-2>

Correal, M. C., & Rihm, J. A. (2022). Hacia la valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Conceptos básicos, análisis de viabilidad y recomendaciones de políticas públicas* Hacia la valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://doi.org/10.18235/0003971>.

Delgado Gutiérrez, M. A. (2017). Estudio de mercado para determinar la pre factibilidad de una empresa que brinde el servicio de recolección de reciclaje en el distrito de Jose Luis Bustamante y Rivero de la ciudad de Arequipa. 2017. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4f44652a-2711-4b7b-952a-d58efa03d7f9/content>

Diario Viral. (29 de Noviembre de 2023). *Más de 20 toneladas de residuos se recogieron en plataforma comercial Avelino Cáceres*. Obtenido de <https://diarioviral.pe/arequipa/4/sur/mas-de-20-toneladas-de-residuos-se-recogieron-en-plataforma-comercial-avelino-caceres-16864>

Díaz, H. (Julio de 2017). *Censo Nacional de mercados de abastos 2016: Resultados a nivel nacional*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1448/1ibro.pdf

Díaz, J. (2022). *Caracterización del compost de los residuos orgánicos (frutas y verduras) del mercado mayorista Chota*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14142/225>

Dirección de Normalización - INACAL. (2020). *Norma Técnica Peruana 900.058:2019 GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de colores para el almacenamiento de residuos*

sólidos. Ministerio de la Producción. Obtenido de <https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>

El Peruano. (21 de Abril de 2017). *Ley N° 28611 Ley general del Ambiente*. Recuperado el 6 de Marzo de 2024, de <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3569-28611>

Estrada Cruz, E. A., & Tisnado Chura, T. (2024). Inversión en Infraestructura de los Mercados de Abasto del Sur del Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13555

Estrada, G., & Peña, A. (2017). Factores que afectan el buen desarrollo del compostaje de mortalidad porcina. *ResearchGate*, 24. doi:https://www.researchgate.net/publication/317648086_Factores_que_afectan_el_buen_desarrollo_del_compostaje_de_mortalidad_porcina

FAO. (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. (O. R. FAO., Ed.) Obtenido de <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

Fernandez Chalco, J. (2024). Condiciones de infraestructura y la calidad de servicio en el mercado abastos de Satelite de Quillabamba, 2022. Obtenido de <https://repositorio.ulp.edu.pe/handle/ULP/108>

Fernandez, A. M. (2019). Análisis y caracterización del aprovechamiento de residuos vegetales generados en la central de abastos Merca-Neiva. *Articulo de Investigacion*. Revista Ingeniería y Región.

Flores, M., & Esperanza, B. (2020). *Estudio de gestión y caracterización de residuos sólidos en el mercado municipal de Jayanca*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Lambayeque].

Obtenido de <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/363>

Fonseca, C. (2010). *Manual de Derecho Ambiental*. Adrus.

Galvis, J. (2019). Residuos sólidos: problema, conceptos. *Revista Gestión y Región*, 22, 101-119. doi:<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>

Gobierno del Peru . (2023). *Municipalidad capacita a comerciantes para la segregación de residuos sólidos*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/munipaita/noticias/1181007-municipalidad-capacita-a-comerciantes-para-la-segregacion-de-residuos-solidos>

Grau, J., Terraza, H., Rodriguez, D., Rihm, A., & Sturzenegger, G. (2018). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo*. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0006297>

Grupo de Acción para el Medio Ambiente. (2005). *Manual del buen compostador*. Grama. Obtenido de <https://www.asociaciongrama.org/documentacion/manuales/Manual%20del%20Buen%20Compostador%20GRAMA.pdf>

Hernandez, R., & Fernandez, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.

Huamán Casachagua, K. J. (2022). Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Magdalena del Mar, Departamento de Lima, Peru. Universidad Científica del Sur. Obtenido de

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2608/TL-Huaman%20K-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Censo nacional de mercados de abastos 2016*. INEI. Obtenido de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1448/ibro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Censo Nacional de Mercados de Abastos 2016: Resultados definitivos. (06 de Julio de 2017). Obtenido de INEI: https://www.producepresarial.pe/wp-content/uploads/2024/01/Resultados_CENAMA_2016_08.06.2017.pdf

IPCC. (2021). *Climate change 2021. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Go*. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Jaquenod de Zsogon, S. (2012). *Más allá de la administración ambiental*. Dialnet.

Jimenez, B. (2002). *La Contaminación ambiental en México*. Limusa.

Luzardo Briceño, M. (2018). "Manual de inferencia estadística / Marianela Luzardo Briceño, Manuel Arturo Jiménez Ramírez". Medellín: Biblioteca Digital de Bogotá. Obtenido de <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/2927204/>

Mantilla, M. (2021). *Evaluación del manejo de residuos sólidos en el mercado mayorista Conzac, Los Olivos – 2020*. [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75329>

Maquera Paucar, J. M. (02 de abril de 2025). Relación entre la conciencia ecológica y la disposición a participar en programas de reciclaje en los comerciantes del Mercado Central de Ilave (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias e Informática). Obtenido de <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/1313>

Matienzo, R. (2022). *Gestión de impactos ambientales de los residuos alimentarios a nivel de gobiernos locales. El estado de la gestión de residuos en el Mercado San José de Jesús María*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23405>

Mazuelos, R. (2021). *Influencia de un programa de capacitación para mejorar el conocimiento y manejo de residuos sólidos en los comerciantes del Mercado Mayorista Grau de Tacna, 2020*. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1921>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2022). *Constitucion politica del Perú -1993*. Decimosexta Edición. Obtenido de https://spijweb.minjus.gob.pe/wpcontent/uploads/2022/11/DS_Ed_Of_Const_Pol_Perubolsillo.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (29 de Marzo de 2023). *Informe Anual de Residuos Sólidos 2021 - 2022*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/4045788-informe-anual-de-residuos-solidos-2021-2022>

Ministerio del Ambiente. (08 de Junio de 2004). *Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/ley-SNGA-28245.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2013). *Glosario de Términos para la gestión ambiental peruana.*

MINAM. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/504.pdf>

Ministerio del Ambiente. (26 de Julio de 2016). *Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM.*

Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-191-2016-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Legislativo N° 1278.* Aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Ministerio del Ambiente. (21 de Diciembre de 2017). Decreto Supremo N°014-2017. *Reglamento del Decreto Legislativo N°1228 ,Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos.* D.O 1599656-6.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024.* SINIA. SINIA. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

Ministerio del Ambiente. (12 de Junio de 2019). *Guía para elaborar la caracterización de Residuos Sólidos.* Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279521-guia-para-elaborar-la-caracterizacion-de-residuos-solidos>

Ministerio del Ambiente. (2020). *Orientaciones para la optimización , operación, seguimiento y monitoreo del servicio de limpieza pública a cargo de las municipalidades.* SINIA. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2866059/Orientaciones%20para%20la%20optimización%20del%20servicio%20de%20limpieza%20pública%20-%20UE003.pdf.pdf>

Ministerio del Ambiente. (9 de Enero de 2022). *Decreto Supremo N.º 001-2022-MINAM*.

Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2713189/DS.%20001-2022-MINAM.pdf.pdf?v=1641780394>

Molina, M. (2022). Paso a paso. Prueba de la t de Student para muestras independientes.

Revista electrónica de AnestesiaR. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/8704951>

Naciones Unidas. (2022). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

NASA. (2023). *Global climate change: Vital signs of the planet*. National Aeronautics and Space Administration. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/>

NOAA. (2023). *Trends in atmospheric carbon dioxide*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory. Obtenido de <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

Oficina de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal provincial Índice de Cumplimiento de los Municipios provinciales a nivel nacional*. Ministerio del Ambiente.

Organizacion de las Naciones Unidas. (11 de Setiembre de 2019). *Cada año se generan entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos en el mundo, ¿problema u oportunidad?* Obtenido de <https://www.retema.es/actualidad/cada-ano-se-generan-entre-7000-10000-millones-toneladas-residuos-mundo-problema-u>

- Pan , I., Dam, B., & Sen, S. K. (2012). Composting of common organic wastes using microbial inoculants: Evaluation of physicochemical parameters. (126), 375–381. *Bioresource Technology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.03.045>
- Quispe, M. (22 de Junio de 2023). *Arequipa: más de 10 mercados del Avelino afrontan cierres inminentes por varios incumplimientos*. Obtenido de <https://elbuho.pe/2023/06/arequipa-mas-de-10-mercados-del-avelino-afrontan-cierres-inminentes-por-varios-incumplimientos/>
- Radio San Martín. (14 de Diciembre de 2023). *Cierran dos mercados en la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres*. Obtenido de <https://radiosanmartin.pe/2023/12/14/cierran-dos-mercados-en-la-plataforma-comercial-andres-avelino-caceres/>
- Redacción Diario Viral. (20 de junio de 2023). *Comerciantes del Avelino deben S/14 millones y contaminan ciudad*. Obtenido de <https://diarioviral.pe/gran-tema/comerciantes-del-avelino-deben-s14-millones-y-contaminan-ciudad-7073>
- Redacción Yaraví. (10 de Abril de 2024). *Cierran 'Mercado para todos' del Avelino Cáceres por incumplir normas sanitarias*. Obtenido de <https://www.radioyaravi.org.pe/noticia/Regional/cierran--mercado-para-todos--del-avelino-c%C3%A1ceres-por-incumplir-normas-sanitarias-15858>
- Roman, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Sampieri, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F: The Mc Graw Hill.

- Semanario El Buzo. (29 de Noviembre de 2023). *Cierre de vías en la plataforma Avelino Cáceres: Municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero realiza jornada de limpieza*. Obtenido de <https://elbuzo.pe/2023/11/arequipa-cierre-de-vias-en-la-plataforma-avelino-caceres-municipalidad-de-jose-luis-bustamante-y-rivero-realiza-jornada-de-limpieza-hoy-miercoles-29-de-noviembre/>
- Sornoza, C., & Garcia, R. (2023). Educación ambiental para el manejo de residuos sólidos en el mercado central del cantón Jipijapa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7942-7953. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5022
- Soto, C., & Huaman, R. (2022). *Propuesta de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos en el mercado 13 de enero del distrito José Luis Bustamante y Rivero en la provincia de Arequipa, 2021*. [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12510>
- Souset, T. (2020). *Impactos ambientales generados por el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado modelo de Huánuco, 2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Huanuco]. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2514>
- Suarez, J. (2020). *Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua*. [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8983>
- Surco Reyes, B. L. (2024). Evaluación del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Cebollar” del distrito de Paucarpata - Arequipa, 2023. Repositorio Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14460/1/IV_FIN_107_T_E_Surco_Reyes_2024.pdf

Suyon, E. (2022). *Diseño de un sistema de tratamiento de residuos sólidos del mercado Moshoqueque a fin de reducir la contaminación ambiental*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0002-5371-9241>

Trujillo Romero, O. E., & DeArmas Duarte, D. (2021). LOMBRICULTURA:PRÁCTICA DE APROVECHAMIENTO A PARTIR DE RESIDUOS ÓRGANICOS. *Grupo de Investigación:ZOOBIOS –Zona Caribe*. Sello Editorial UNAD. doi:<https://doi.org/10.22490/notas.4282>

Vidal, C. (2023). *La calidad de servicio de la subgerencia de limpieza pública en la municipalidad distrital de José Leonardo Ortiz, año 2018-2020*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/11526>

Zamora, J. (2013). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos*. Ministerio de medio ambiente y agua. Obtenido de <https://www.kioscoverde.bo/wp-content/uploads/2016/11/Gu%C3%ADapara-el-Aprovechamiento-de-Residuos-S%C3%B3lidos-Org%C3%A1nicos.pdf>

Zavaleta, P. (2020). *Manejo de residuos sólidos en mercados de abastos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Sur]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1576>



ANEXOS



Anexo 1

Guía de Observación aplicada en el mercado

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Investigación: *Análisis de la Gestión de Residuos Sólidos Orgánicos en la Asociación Mercado Metropolitano de Productores y Mayoristas 'Andrés Avelino Cáceres' y su Aprovechamiento en la Planta de Compostaje de la Municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - 2024*

Objetivo: Evaluar las prácticas de segregación y recolección de residuos sólidos orgánicos en los puntos de recolección del mercado y su destino final.

Técnica de Aplicación: Observación directa y registro estructurado.

Unidad de Estudio: Puntos de recolección de residuos en el distrito.

I. Datos Generales

Fecha de Observación: _____

Hora de Observación: _____

Ubicación Exacta del Punto de Recolección: _____

Observador: _____

II. Aspectos a Evaluar

1. Generación y Segregación de Residuos

Ítem	Observación (Sí/No)	Comentarios
Se evidencia la generación de residuos orgánicos en la zona observada.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se realiza la segregación de residuos orgánicos e inorgánicos en origen.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Existen tachos o contenedores diferenciados para residuos orgánicos e inorgánicos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Los comerciantes o trabajadores del mercado depositan correctamente los residuos en los tachos adecuados.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se identifican residuos orgánicos mezclados con otros tipos de residuos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se observa señalización o material informativo sobre la segregación de residuos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

2. Recolección y Transporte de Residuos

Ítem	Observación (Sí/No)	Comentarios
La recolección de residuos se realiza con una frecuencia adecuada.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se cuenta con vehículos específicos para la recolección de residuos orgánicos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
El personal encargado de la recolección sigue protocolos adecuados (uso de equipo de protección, manejo de residuos).	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se observa acumulación excesiva de residuos en los puntos de recolección.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Los residuos recolectados se trasladan a la planta de compostaje sin contratiempos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
3. Infraestructura y Condiciones del Punto de Recolección		
Ítem	Observación (Sí/No)	Comentarios
Los tachos o contenedores de residuos están en buen estado y son suficientes.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
El área de recolección se mantiene limpia y sin acumulación excesiva de residuos.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se perciben malos olores en la zona de recolección.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Se observan plagas o animales en la zona de recolección.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Existe señalización visible que indique las reglas de segregación y recolección.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
4. Observaciones Adicionales y Recomendaciones		
<p>Conclusión: _____</p> <p>Evaluación General del Punto de Recolección:</p> <p><input type="checkbox"/> Adecuado <input type="checkbox"/> Mejorable <input type="checkbox"/> Deficiente</p> <p>Sugerencias para mejorar la gestión de residuos en la zona:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Firma del Observador: _____</p>		

Anexo 2

Cuestionario Aplicado para Dueños de Puestos del Mercado

Cuestionario para Dueños de Puestos del Mercado		
I Generación y Clasificación de Residuos		
1	¿Qué tipo de residuos genera principalmente su puesto?	
a	Residuos perecederos	
b	Residuos de alimentos	
c	Residuos no comestibles	
d	Empaques y envases	
2	¿Clasifica sus residuos antes de desecharlos?	
a	Siempre	
b	A veces	
c	Rara vez	
d	Nunca	
II Manejo y Recolección de Residuos		
3	¿Cómo deposita sus residuos?	
a	En contenedores adecuados	
b	En bolsas plásticas	
c	Directamente en el suelo	
d	Otro	
4	¿Con qué frecuencia se recolectan los residuos de su puesto?	
a	Varias veces al día	
b	Una vez al día	
c	Día por medio	
d	Menos de una vez por semana	
III Infraestructura y Equipamiento		
5	¿Los contenedores en el mercado son suficientes y están en buen estado?	
a	Sí, son suficientes y funcionales	
b	No, faltan contenedores	
c	No, están en mal estado	
d	No los utilizo	
6	¿Se han implementado programas de reciclaje en el mercado?	
a	Sí, y participo activamente	
b	Sí, pero no participo	
c	No, pero sería una buena idea	
d	No es necesario	
IV Políticas y Sensibilización		
7	¿Ha recibido capacitación sobre manejo de residuos?	
a	Sí, varias veces	
b	Sí, pero solo una vez	
c	No, pero me interesa	
d	No es necesario	

	8	¿Qué opina sobre la fiscalización del manejo de residuos en el mercado?
	a	Es adecuada
	b	Es insuficiente
	c	No existe
	d	No tengo opinión
	9	¿Cree que se podrían mejorar las políticas de gestión de residuos en el mercado?
	a	Sí, con más infraestructura
	b	Sí, con capacitaciones
	c	Sí, con sanciones más estrictas
	d	No, está bien como está
V	Diagnóstico de la gestión del manejo de residuos sólidos	
	10	¿Qué tipo de residuos genera principalmente en su puesto?
	a	Residuos orgánicos (frutas, verduras, restos de comida)
	b	Plástico y envases
	c	Papel y cartón
	d	Otros (especificar)
	11	¿Clasifica los residuos que genera en su puesto?
	a	Sí, de manera estricta
	b	Sí, pero no siempre
	c	No, porque no hay incentivos
	d	No, porque no hay infraestructura
	12	¿Dónde deposita los residuos antes de que sean recogidos?
	a	En contenedores específicos
	b	En bolsas individuales
	c	En cualquier lugar disponible
	d	No hay un sistema claro
	13	¿Considera que el mercado cuenta con infraestructura adecuada para la gestión de residuos?
	a	Sí, completamente
	b	Parcialmente, pero es mejorable
	c	No, es insuficiente
	d	No estoy seguro
	14	¿Cómo califica la frecuencia de recolección de residuos en el mercado?
	a	Excelente, siempre a tiempo
	b	Aceptable, aunque a veces hay retrasos
	c	Deficiente, se acumulan residuos
	d	Muy deficiente, el mercado está sucio
VI	Diagnóstico del Impacto Ambiental	
	15	¿Percibe que la acumulación de residuos en el mercado afecta la calidad del aire?
	a	Sí, se generan malos olores y contaminación
	b	Sí, pero en menor medida
	c	No, el impacto es mínimo
	d	No estoy seguro
	16	¿Ha notado acumulación de líquidos o filtraciones derivadas de la basura en el mercado?
	a	Sí, frecuentemente
	b	Ocasionalmente
	c	No, nunca he visto problemas
VII	Política de gestión e impacto ambiental	
	17	¿Conoce las normas municipales sobre la gestión de residuos en el mercado?
	a	Sí, y las cumplo
	b	Sí, pero no las aplico
	c	No, nunca me informaron
	18	¿Participaría en un programa de reciclaje en el mercado?
	a	Sí, sin duda
	b	Sí, pero con incentivos
	c	No

Anexo 3

Cuestionario Aplicado Para Dueños de Operarios, administrativos y autoridades de la
municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero

Cuestionario para Operarios, Administrativos y Autoridades de la Municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero	
I	Fuentes de Generación de Residuos
	1 ¿Cuál es la principal fuente de residuos en el mercado mayorista?
	a Residuos perecederos
	b Residuos de alimentos
	c Residuos no comestibles
	d Empaques y envases
	2 ¿Conoce las proporciones de residuos generados en el mercado?
	a Sí, con datos específicos
	b Aproximadamente
	c No, pero tengo una idea
	d No tengo conocimiento
II	Clasificación de Residuos
	3 ¿Existe un sistema formal de clasificación de residuos en el mercado?
	a Sí, completamente implementado
	b En proceso de implementación
	c No, pero hay intenciones de hacerlo
	d No existe ningún sistema
	4 ¿Qué tipo de residuos son los que se separan con mayor frecuencia?
	a Orgánicos
	b Inorgánicos
	c Ambos por igual
	d Ninguno
III	Métodos de Recolección y Almacenamiento
	5 ¿Qué método de recolección se emplea con mayor frecuencia?
	a Manual
	b Convencional con puntos de acopio
	c Selectiva según tipo de residuo
	d Mecanizada con vehículos especializados
	6 ¿Existen suficientes contenedores en el mercado?
	a Sí, en ubicaciones estratégicas
	b No, hay muy pocos
	c Están mal ubicados
	d No se utilizan correctamente
IV	Infraestructura y Equipamiento
	7 ¿Qué tipo de infraestructura de gestión de residuos existe en el mercado?
	a Centro de compostaje
	b Vertedero
	c Ambas
	d Ninguna
	8 ¿Los camiones recolectores reciben mantenimiento adecuado?
	a Sí, regularmente
	b Ocasionalmente
	c Rara vez
	d No reciben mantenimiento

V		Políticas de Gestión y Normativa	
	9	¿Existe un programa de capacitación para la correcta gestión de residuos?	
	a	Sí, continuo y organizado	
	b	Sí, pero esporádico	
	c	No, pero se necesita	
	d	No es necesario	
	10	¿Cómo califica el cumplimiento de las normativas de gestión de residuos?	
	a	Alto	
	b	Medio	
	c	Bajo	
	d	Nulo	
VI		Diagnóstico de la gestión del manejo de residuos sólidos	
	11	¿Cuáles son las principales fuentes de generación de residuos en el mercado mayorista?	
	a	Residuos de alimentos y orgánicos	
	b	Plásticos y envases	
	c	Papel y cartón	
	d	Residuos peligrosos (aceites, baterías, químicos)	
	e	Otros (especificar)	
	12	¿Existe un programa formal para la clasificación de residuos en el mercado?	
	a	Sí, con separación entre orgánicos e inorgánicos	
	b	Sí, pero solo para ciertos residuos (ej. reciclables)	
	c	No, pero se está planificando	
	d	No existe ningún programa	
	13	¿Qué método de recolección de residuos se usa en el mercado?	
	a	Recolección manual con bolsas	
	b	Contenedores fijos	
	c	Recolección con compactadores	
	d	No hay un método definido	
	14	¿Considera que la infraestructura de almacenamiento de residuos es adecuada?	
	a	Sí, es suficiente y funcional	
	b	Es limitada, pero funciona	
	c	No, es insuficiente o inadecuada	
	d	No hay infraestructura específica	
	15	¿Cómo calificaría la cantidad y estado de la maquinaria utilizada en la recolección de residuos?	
	a	Suficiente y en buen estado	
	b	Insuficiente, pero operativa	
	c	Insuficiente y en mal estado	
	d	No hay maquinaria adecuada	

	16	¿El personal encargado de la recolección y manejo de residuos recibe capacitación periódica?
	a	Sí, con regularidad
	b	Solo ocasionalmente
	c	No, pero debería implementarse
	d	No recibe capacitación
	17	¿Con qué frecuencia se realiza la recolección de residuos en el mercado mayorista?
	a	Diariamente
	b	Varias veces por semana
	c	Semanalmente
	d	Menos de una vez por semana
VII Diagnóstico del Impacto Ambiental		
	18	¿Se han implementado acciones para reducir las emisiones en la recolección y transporte de residuos?
	a	Sí, mediante vehículos menos contaminantes
	b	Sí, con optimización de rutas
	c	No, pero es necesario hacerlo
	d	No hay medidas al respecto
	19	¿Ha identificado problemas de contaminación en el suelo o agua por residuos en el mercado?
	a	Sí, con evidencia visible
	b	Sí, pero en menor grado
	c	No, pero hay riesgo potencial
	d	No se ha identificado contaminación
	20	¿Qué porcentaje de los residuos generados en el mercado se reciclan o tratan antes de llegar a un vertedero?
	a	Más del 50%
	b	Entre 20% y 50%
	c	Menos del 20%
	d	No se reciclan ni tratan
VIII Política de gestión e impacto ambiental		
	21	¿Existen regulaciones claras sobre la generación y clasificación de residuos en el mercado?
	a	Sí, y se cumplen adecuadamente
	b	Sí, pero no se aplican correctamente
	c	No hay regulaciones específicas
	d	No estoy seguro
	22	¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos en el mercado mayorista?
	a	Falta de infraestructura adecuada
	b	Deficiencia en la recolección y tratamiento
	c	Falta de educación y concienciación
	d	Falta de recursos financieros

Anexo 4

Panel Fotográfico

Panel Fotográfico: Cuestionario aplicado a comerciantes del mercado



Panel Fotográfico: Elaboración del Compost

