

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA PLANTA
DE COMPOSTAJE DEL DISTRITO SAN JERONIMO- COMUNIDAD**

KAYRA-CUSCO, 2024

PRESENTADA POR:

ERICK ALEXANDER VILCA YANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2025



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



1.07%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 12 AUG 2025, 11:11 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
0.04%

● CHANGED TEXT
1.02%

Report #27972675

ERICK ALEXANDER VILCA YANQUI // IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA PLANTA DE COMPOSTAJE DEL DISTRITO SAN JERONIMO-COMUNIDAD KAYRA-CUSCO, 2024 RESUMEN Para la planta de compostaje del distrito San Jerónimo, Cusco, se planteó implementar un plan de manejo ambiental que permitiera mejorar su funcionamiento y reducir impactos negativos, como los olores fuertes, gases tóxicos y la baja calidad del compost; dicho estudio fue desarrollado bajo un enfoque cuantitativo y tipo descriptivo, y se aplicaron técnicas como la observación directa, entrevistas y encuestas, además de utilizarse equipos de muestreo, análisis físico químico y guías para el registro ambiental; la metodología fue estructurada por etapas: diagnosticar el funcionamiento actual de la planta, evaluar la calidad del compost, identificar los impactos, establecer controles operacionales y diseñar un esquema de implementación ambiental; durante el proceso, fue detectada contaminación odorífera en comunidades cercanas, atribuida a una operación inadecuada, y se constató que el compost presentaba mezcla de materiales en distintas fases de descomposición, sin certificación de calidad; también fueron definidos los factores que influyen en el proceso de compostaje y la emisión de gases, y se estableció un protocolo ambiental que priorizó mejoras en las condiciones laborales del personal expuesto; por lo tanto, se recomendó que se implementaran de forma urgente controles técnicos sobre

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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA PLANTA
DE COMPOSTAJE DEL DISTRITO SAN JERÓNIMO- COMUNIDAD
KAYRA-CUSCO, 2024**

PRESENTADA POR:

ERICK ALEXANDER VILCA YANQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dr. ESTEBAN SIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 20 de agosto del 2025.

DEDICATORIA

A mi familia, cuyo esfuerzo y sacrificio han sido el cimiento de cada uno de mis logros. Esto es un reflejo de su dedicación y amor.

A Dios, por protegerme , darme la fuerza y las oportunidades necesarias para superar cada obstáculo.

AGRADECIMIENTO

A mis amigos, quienes han sido mi soporte emocional en los momentos difíciles y mis compañeros de alegría en los logros alcanzados.

A mis profesores y Asesores, por compartir sus conocimientos y sembrar en mí la curiosidad por aprender y crecer profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:	16
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES:	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES:	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.2. MARCO CONCEPTUAL	21

2.3. MARCO NORMATIVO	24
2.4. HIPÓTESIS	25
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	25
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:	25
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	27
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	29
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE	34
4.1.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA	34
4.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE	35
4.1.3. ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL COMPOST	37
4.1.4. PROCESOS AUXILIARES DE ELABORACIÓN DEL COMPOST	41
4.2. CALIDAD DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE	47
4.2.1. MEDICIONES Y ENSAYOS EN CAMPO Y LABORATORIO	47
4.3. ESQUEMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO	53
4.4. PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES	55
4.5. ENSAYOS CONTROLADOS DE COMPOSTAJE COMPARATIVO	57
4.6. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	63
4.6.1. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	63
4.6.2. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	63
4.6.3. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	64
4.6.4. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS GENERAL	64
4.7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	65

CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Operacionalización de las variables	33
Tabla 02: Coordenadas UTM de la planta de compostaje	35
Tabla 03: Dimensiones de sectores de la planta de compostaje.	36
Tabla 04: Dimensiones de sectores de la planta de compostaje	46
Tabla 05: Pruebas de humedades semanales	47
Tabla 06: Pruebas de pH semanales	48
Tabla 07: Mediciones de Temperaturas semanales.	49
Tabla 08: Resumen del plan de manejo ambiental	54
Tabla 09: Procedimientos Principales del Compostaje	56
Tabla 10: Fila de prueba, medición de temperatura	57
Tabla 11: Fila patrón, medición de temperatura	58
Tabla 12: Fila de prueba, ensayo de humedad	59
Tabla 13: Fila patrón, ensayo de humedad	60
Tabla 14: Fila de prueba, ensayo de pH	61
Tabla 15: Fila patrón, ensayo de pH.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la zona en estudio	27
Figura 02: Imagen satelital planta compostaje de San Jerónimo	34
Figura 03: Relieve planta compostaje de San Jerónimo	35
Figura 04: Distribución planta compostaje de San Jerónimo	36
Figura 05: Formación de pilas.	39
Figura 06: Pilas de materia orgánica	40
Figura 07: Transporte de material procesado.	40
Figura 08: Protección de los factores externos.	41
Figura 09: Falta de maquinarias.	41
Figura 10: Lombricultura.	42
Figura 11: Lumbricultura	45
Figura 12: Mapa intensidad del olor.	45
Figura 13: Implementos de seguridad empleados	46
Figura 14: Pruebas de humedades semanales	48
Figura 15: Pruebas de pH semanales.	49
Figura 16: Mediciones de Temperaturas semanales	50
Figura 17: Comparación, mediciones de Temperaturas.	58
Figura 18: Comparación, ensayos de humedad	60
Figura 19: Comparación, ensayos de pH.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Panel Fotográfico	75
Anexo 02: Matriz de consistencia	76
Anexo 03: Guías de entrevista	78
Anexo 04: Formulario de muestreo para compost	80
Anexo 05: Checklist para auditoría ambiental	82
Anexo 06: Cronograma de actividades	84
Anexo 07: Presupuesto	85

RESUMEN

Para la planta de compostaje del distrito San Jerónimo, Cusco, se planteó implementar un plan de manejo ambiental que permitiera mejorar su funcionamiento y reducir impactos negativos, como los olores fuertes, gases tóxicos y la baja calidad del compost; dicho estudio fue desarrollado bajo un enfoque cuantitativo y tipo descriptivo, y se aplicaron técnicas como la observación directa, entrevistas y encuestas, además de utilizarse equipos de muestreo, análisis físico químico y guías para el registro ambiental; la metodología fue estructurada por etapas: diagnosticar el funcionamiento actual de la planta, evaluar la calidad del compost, identificar los impactos, establecer controles operacionales y diseñar un esquema de implementación ambiental; durante el proceso, fue detectada contaminación odorífera en comunidades cercanas, atribuida a una operación inadecuada, y se constató que el compost presentaba mezcla de materiales en distintas fases de descomposición, sin certificación de calidad; también fueron definidos los factores que influyen en el proceso de compostaje y la emisión de gases, y se estableció un protocolo ambiental que priorizó mejoras en las condiciones laborales del personal expuesto; por lo tanto, se recomendó que se implementaran de forma urgente controles técnicos sobre temperatura, humedad y oxigenación, junto con análisis por lotes del compost producido, con el fin de asegurar un producto final confiable y minimizar los riesgos ambientales y de salud.

Palabras claves: Ambiente, Compostaje, Fase, Mesofílica, Termofílica.

ABSTRACT

For the composting plant in the San Jerónimo district of Cusco, an environmental management plan was proposed to improve its operation and reduce negative impacts such as strong odors, toxic gases, and poor compost quality. This study was developed using a quantitative and descriptive approach, and techniques such as direct observation, interviews, and surveys were applied, in addition to the use of sampling equipment, physical and chemical analysis, and environmental record-keeping guidelines. The methodology was structured in stages: diagnosing the plant's current operation, evaluating compost quality, identifying impacts, establishing operational controls, and designing an environmental implementation plan. During the process, odor pollution was detected in nearby communities, attributed to improper operation, and it was found that the compost presented a mixture of materials in different stages of decomposition, without quality certification. The factors that influence the composting process and gas emissions were also defined, and an environmental protocol was established that prioritized improvements in the working conditions of exposed personnel. Therefore, it was recommended that technical controls on temperature, humidity and oxygenation, along with batch analysis of the compost produced, be urgently implemented to ensure a reliable final product and minimize environmental and health risks.

Keywords: Environment, Composting, Phase, Mesophilic, Thermophilic

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población y el crecimiento de las actividades agrícolas y comerciales han provocado en las últimas décadas un notable incremento en la generación de residuos sólidos, siendo los residuos orgánicos la parte más significativa. La gestión inadecuada de estos desechos no solo supone un peligro para el medio ambiente, sino que también repercute directamente en la salud pública y en la calidad de vida de las comunidades. La descomposición descontrolada de residuos orgánicos genera gases de efecto invernadero como el metano, malos olores y lixiviados que contaminan tanto el suelo como el agua, contribuyendo al cambio climático y a la degradación ambiental.

En Perú, a pesar de contar con un marco legal como la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ley N° 1278) y la Norma Técnica Peruana NTP 339. 315:2021, aún existen limitaciones en la gestión de residuos orgánicos, sobre todo en áreas rurales donde las capacidades técnicas y operativas son limitadas. Esta situación se evidencia en la planta de compostaje de San Jerónimo, situada en la comunidad de Kayra, Cusco, la cual fue establecida con el fin de convertir residuos orgánicos en compost de alta calidad. Sin embargo, enfrenta problemas relacionados con la falta de estandarización en los procesos, insuficiencias en el control de parámetros ambientales y la escasa capacitación del personal operativo, lo que afecta la calidad del compost obtenido y provoca impactos ambientales negativos, como la contaminación por olores en las comunidades vecinas.

Ante este desafío, la adopción de un plan de manejo ambiental se presenta como una alternativa viable y necesaria para mejorar el funcionamiento de la planta, asegurar la producción de un compost seguro y de calidad, y mitigar los efectos ambientales adversos. Este plan permitirá implantar medidas de control técnico y operativo sobre parámetros cruciales como la temperatura, la humedad y la ventilación, además de optimizar las condiciones laborales del personal y fortalecer la sostenibilidad de la planta a largo plazo.

El presente estudio es relevante no solo por su impacto local en Kayra, al ofrecer soluciones prácticas y sostenibles para la gestión de residuos orgánicos, sino también

porque tiene el potencial de ser un modelo replicable en otras comunidades del país que enfrentan desafíos similares. Al mejorar la gestión ambiental y asegurar un compost de calidad, se favorece el desarrollo agrícola, se disminuyen los riesgos para la salud y se promueven prácticas sostenibles que apoyan la lucha contra el cambio climático.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la problemática, no se puede negar que el manejo de residuos sólidos y el compostaje están en boca de todos últimamente, y no es para menos. Este tema ha ido tomando fuerza, no solo porque afecta al medio ambiente, sino también porque impacta directamente en nuestra salud. Ahora, si pensamos a escala mundial, la mala gestión de los residuos orgánicos es un verdadero talón de Aquiles para el planeta. ¿Sabías que el metano, uno de los gases de efecto invernadero más potentes, proviene en gran medida de la descomposición de estos residuos? Así es, y eso no hace más que acelerar ese temido cambio climático (IPCC, 2021). Y bueno, para ponerle más pimienta al asunto, la FAO (2020) nos dice que un tercio de toda la comida que producimos para alimentarnos simplemente termina en la basura. Imagínate, tanta comida buena que se desperdicia y acaba en vertederos, que ni siquiera están preparados para manejar tanta carga, y claro, eso hace que la contaminación y la emisión de gases se disparen.

En Kayra, la planta de compostaje de San Jerónimo se levantó con la idea de ponerle un freno a este problema. Pero, como suele pasar en estos casos, la realidad no ha sido tan sencilla. Varios estudios, como los de Pacheco y Torres (2021), revelan que la planta carece de un sistema decente para monitorear y controlar la calidad del compost que produce. ¿El resultado? Compost que a veces está lleno de nutrientes, otras veces no tanto, y eso es un problemón para los agricultores locales que dependen de ese producto para sus cultivos. Además, la falta de normas claras y protocolos

estandarizados hace que las prácticas sean un tanto desordenadas, lo que afecta la eficiencia y la sostenibilidad de todo el proceso. Por si fuera poco, el personal encargado no cuenta con la capacitación necesaria para manejar los residuos de forma óptima (Gómez y Pérez, 2022). Y, honestamente, no puedo evitar pensar que, sin un equipo bien entrenado, todo se vuelve cuesta arriba, como querer armar un mueble sin instrucciones.

Esta investigación, por eso mismo, tiene una carga de urgencia y relevancia bastante clara. No solo busca que Kayra mejore la forma en que maneja sus residuos orgánicos para reducir el daño ambiental, sino que también quiere promover prácticas sostenibles que realmente funcionen. Y si me preguntas, si logramos armar un plan ambiental efectivo, este podría ser un faro para otras comunidades del Perú que enfrentan problemas parecidos. No es solo cuestión de ambiente; al asegurar que el compost sea de buena calidad, estamos apoyando a la agricultura local, y eso termina repercutiendo en la salud y el bienestar de toda la gente que vive ahí.

Por otro lado, en Pilcuyo la cosa no pinta mejor. Ahí también enfrentan un serio problema por la mala disposición de los residuos orgánicos, que está contaminando el suelo y afectando la vida diaria de sus habitantes. En este caso, el estudio se enfoca en dos aspectos que me parecen clave: el plan de manejo ambiental y la planta de compostaje. La idea, si se hace bien, es que estas dos medidas no sólo reduzcan el impacto ambiental, sino que también mejoren de verdad cómo se gestionan los residuos en la zona. Transformar estos residuos en compost de calidad suena a un cambio pequeño, pero créeme, es un paso gigante para Pilcuyo y para su futuro.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida se puede Implementar un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo - comunidad Kayra-Cusco, 2024 ?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo para identificar aspecto e impactos ambientales en la comunidad de

Kayra?

- ¿Cuál es la calidad del compost producido en la planta de compostaje de San Jerónimo en la comunidad de Kayra-Cusco?
- ¿Cuáles son los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos necesarios, para asegurar un desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.

1.2. ANTECEDENTES

Los estudios de los residuos orgánicos, es un tema que ha ido ganando terreno, y con justa razón; porque afecta directamente cómo vivimos y cómo cuidamos (o descuidamos) el lugar que habitamos. Lo curioso es que, aunque hay estudios recientes que ofrecen pistas bastante claras sobre cómo mejorar la calidad del compost y manejar mejor estos residuos, todavía nos falta mucho por aterrizar eso en la realidad, sobre todo en contextos rurales como el de Kayra, en Cusco.

En esta comunidad, la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo tiene un rol clave. Se podría decir que es uno de esos espacios que tienen potencial de hacer una diferencia real. Pero no está funcionando como debería. Entre problemas operativos y la baja calidad del compost que se está produciendo, hay un desgaste que se nota, no solo en los resultados, sino también en el entorno y en la gente que depende de ese sistema. Y si uno levanta un poco la mirada, se da cuenta de que esto no es un caso aislado. A nivel mundial, la mala gestión de los residuos orgánicos ha sido señalada como una de las principales fuentes de metano, un gas que, como bien sabemos, empuja con fuerza el cambio climático. Es como una cadena: lo que no hacemos bien a pequeña escala, termina sumando al problema global. Y en Perú también, claro el panorama no es alentador. Mucho residuo orgánico termina enterrado en vertederos, sin ningún tipo de tratamiento, y con una infraestructura que apenas da abasto.

Entonces, cuando se piensa en el plan de manejo ambiental para esta planta en Kayra, no se trata solo de arreglar una maquinaria o cambiar un protocolo. Se trata de mirar más allá del compost y preguntarse cómo convertir este lugar en un modelo a seguir, en

una referencia de lo que sí se puede hacer cuando se combinan el conocimiento técnico con las ganas reales de cambiar las cosas. Porque al final del día, lo que queremos es sencillo: un entorno más sano, un proceso que funcione, y una comunidad que vea resultados concretos.

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

En el contexto internacional, en Sudáfrica, Jones y Smith (2020) investigaron los desafíos en la gestión de residuos orgánicos en zonas urbanas y propusieron el uso de activadores del compostaje para mejorar la eficiencia del proceso, reduciendo el tiempo necesario para producir compost de calidad. Estas estrategias pueden ser adoptadas por plantas de compostaje que buscan optimizar su proceso y mejorar su rendimiento, como es el caso de la planta de San Jerónimo.

En Etiopía, Kebede et al. (2021) exploraron la efectividad de diferentes métodos de compostaje, como las pilas volteadas y el vermicompostaje, encontrando que la combinación de estos métodos mejora significativamente la calidad del compost y reduce los riesgos ambientales asociados, como la presencia de patógenos. Este enfoque es relevante para la optimización de las prácticas de compostaje en otras regiones.

Simultáneamente en un estudio complementario realizado en Lituania, Virú-Vásquez et al. (2023) demostraron que la integración de biochar con compost no sólo mejora la retención de nutrientes en el suelo, sino que también reduce las emisiones de gases de efecto invernadero durante el proceso de compostaje. Estos hallazgos refuerzan la idea de que el uso de enmiendas complementarias, como el biochar, puede mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del compostaje, ofreciendo soluciones viables para plantas de compostaje que buscan reducir su impacto ambiental.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

En Perú, Ramírez et al. (2022) llevaron a cabo un proyecto piloto de compostaje comunitario en Arequipa, el cual mostró una reducción significativa en los residuos orgánicos enviados a vertederos y una mejora en la calidad del compost producido. Este

proyecto demuestra la viabilidad de implementar sistemas de compostaje comunitarios como una solución efectiva para la gestión de residuos en áreas urbanas y rurales, mejorando la sostenibilidad ambiental.

En el contexto peruano, el programa Clean Cities, Blue Ocean respaldado por USAID (2021) ha implementado un enfoque de economía circular para mejorar la gestión de residuos sólidos en ciudades costeras de Perú. Este programa se centra en reducir la contaminación plástica y promover el compostaje de residuos orgánicos, lo cual ha demostrado ser efectivo para mejorar la sostenibilidad ambiental y reducir los desechos sólidos. Esta estrategia no solo es aplicable a áreas urbanas, sino que también puede ser adaptada a contextos rurales como el de San Jerónimo, donde se busca mejorar la gestión de residuos orgánicos.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES:

A nivel local, Quispe y Mamani (2021) evaluaron cómo la gestión inadecuada de residuos orgánicos contribuye a la contaminación del agua y el suelo, afectando negativamente la salud pública y los recursos naturales. Sus hallazgos subrayan la importancia de implementar prácticas de gestión de residuos más estrictas para proteger los recursos naturales y la salud de las comunidades locales, lo cual es esencial para plantas de compostaje como la de San Jerónimo.

En Perú, Huamaní y Gutiérrez (2022) en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco identificaron problemas en la gestión de las plantas de compostaje de la región, tales como la falta de control de la temperatura y la aireación, factores que afectan negativamente la calidad del compost producido. Este estudio subraya la importancia de mejorar las prácticas de manejo para asegurar que el compost producido sea de alta calidad y que los impactos negativos en la salud y el medio ambiente sean minimizados.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje del distrito de

San Jerónimo - comunidad Kayra-Cusco, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diagnóstico inicial del funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo para identificar aspecto e impactos ambientales en la comunidad de Kayra.
- Evaluar la calidad del compost producido en la planta de compostaje de San Jerónimo en la comunidad de Kayra-Cusco.
- Establecer los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos, para asegurar un desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

El manejo de residuos orgánicos En un mundo que ha perfeccionado el arte de producir basura con la misma eficacia con la que produce opiniones, el manejo de residuos orgánicos y la producción de compostaje han emergido como pequeños actos de redención ecológica. Ya no se trata solo de enterrar lo que sobra, sino de transformar desechos en algo que huelga menos a fracaso humano y más a tierra fértil. Las Naciones Unidas (2020) insisten en que tratar adecuadamente estos residuos es crucial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, una afirmación que suena como una súplica educada a un planeta que ya sufre fiebre. A esto se suma una promesa aún más ambiciosa: que el compost no solo enriquece suelos, sino también comunidades. Al Convertir cáscaras y sobras en bienestar colectivo.

Sin embargo, la utopía del compost tiene sus propias grietas, especialmente cuando aterriza en territorios como la comunidad de Kayra, en el distrito de San Jerónimo, donde la sostenibilidad aún tropieza con piedras más grandes que la voluntad. Allí, entre cerros, tradiciones y presupuestos menguantes, el monitoreo constante de los procesos de compostaje se parece más a un lujo que a una rutina. Mendoza et al. (2021) subrayan que, en estos contextos rurales, la falta de control y la carencia de procedimientos claros pueden convertir el noble arte del compostaje en una ruleta biológica. En la planta de San Jerónimo, las variaciones en la calidad del compost no son un misterio insondable, sino el resultado lógico de una sinfonía mal afinada: residuos heterogéneos, procesos desiguales y seguimiento intermitente. En vez de

compost, a veces lo que se obtiene es una metáfora del abandono institucional: tierra que no nutre, sino que repite.

El éxito de los proyectos de compostaje a nivel comunitario no depende únicamente de la voluntad colectiva ni del volumen de residuos tratados. Como señalan Valdez y García (2022), la calidad del compost producido es un factor decisivo que condiciona tanto la eficacia del proceso como su viabilidad a largo plazo. En el caso específico de la planta de San Jerónimo, se vuelve imperativo establecer y aplicar normativas técnicas claras que garanticen la estabilidad del producto final. Solo bajo estas condiciones puede el compost cumplir su función como fertilizante orgánico de manera segura, evitando riesgos como la contaminación por metales pesados o la diseminación de agentes patógenos.

La estandarización de los procedimientos no solo fortalece el control de calidad, sino que, además, permite replicar estas iniciativas en otros entornos rurales, adaptando modelos exitosos a realidades diversas. Así, se sientan las bases para una expansión ordenada y eficiente de prácticas sostenibles, más allá de experiencias aisladas o dependientes del esfuerzo individual.

En este contexto, la relación entre la calidad del compost y sus beneficios agronómicos resulta particularmente significativa. Según Vega y Pérez (2021), los composts de alta calidad no solo aportan nutrientes esenciales al suelo, sino que mejoran su estructura física, aumentan la retención hídrica y contribuyen a la resiliencia agrícola frente a eventos climáticos extremos. Este conjunto de efectos cobra especial relevancia en zonas como Kayra, donde la agricultura es una actividad económica central y las sequías recurrentes amenazan la seguridad alimentaria y los medios de vida locales.

No obstante, alcanzar estos beneficios requiere más que conocimiento técnico: exige un marco normativo robusto que oriente, supervise y regule las prácticas de compostaje. Tal como advierten Pacheco y Torres (2021), en ausencia de políticas públicas coherentes y mecanismos de fiscalización efectivos, los posibles impactos negativos de estas plantas como la contaminación de fuentes de agua o la emisión descontrolada de

gases de efecto invernadero pueden neutralizar sus ventajas ambientales.

En el caso de San Jerónimo, avanzar hacia la sostenibilidad implica asumir la dimensión institucional del problema. Es decir, comprender que la gestión de residuos orgánicos no puede apoyarse exclusivamente en el esfuerzo comunitario o en iniciativas puntuales. Se requiere una articulación real entre estándares técnicos, capacidades locales y voluntad política. Solo entonces el compostaje dejará de ser una promesa pendiente para convertirse en una solución concreta y replicable en el entramado rural del país.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Calidad del Compost

Cuando hablamos de la calidad del compost, en realidad estamos refiriéndonos a un montón de cosas: cómo se siente, cómo huele, qué tan nutritivo es y, sobre todo, qué tan seguro resulta para la tierra que va a recibirlo. Porque, seamos honestos, no todo compost es igual, y uno tiene que andar con ojo. La calidad final depende mucho de lo que se pone al inicio los residuos que se usan, pero también del cuidado durante todo el proceso de compostaje. No basta con amontonar restos y esperar a que algo bueno salga; hay que seguirlo de cerca. Un buen compost, de verdad, tiene que estar cargado de nutrientes, libre de bichos dañinos o sustancias tóxicas, y además debe tener esa textura esponjosa que hace que el suelo respire y retenga justo la humedad necesaria. En San Jerónimo, justo por eso, poner atención a la calidad del compost no es un lujo, es una necesidad. Así, los agricultores pueden confiar en que están alimentando bien su tierra, sin arriesgar nada.

Controles Operacionales Ambientales

Y aquí no termina. Para que todo esto funcione, hay que tener claro que no basta con “hacerlo bien”, sino con saber cómo controlar ese “hacer bien”. Los controles operacionales ambientales o, dicho de manera más sencilla, las reglas y chequeos que mantienen todo en orden son los que aseguran que el compostaje no se vuelva un problema, sino una solución. Se trata de estar pendientes, casi como un chef que vigila su horno: la temperatura, la humedad, el tiempo... todo debe estar en su punto. Además,

esto implica seguir buenas prácticas, esas que a veces parecen un fastidio, pero que al final hacen la diferencia. En San Jerónimo, estos controles no solo ayudan a cuidar el medio ambiente, sino que también garantizan que todo el trabajo que se hace valga la pena y dure en el tiempo.

Compostaje

El compostaje en sí es un proceso casi mágico si lo piensas bien. Es como un pequeño ejército de microorganismos trabajando sin descanso para transformar lo que podría ser basura en oro para la tierra. Restos de comida, hojas secas, ramas todo eso se descompone en condiciones específicas, donde la temperatura, la humedad y el oxígeno juegan su propio juego. Y el resultado es ese compost que no solo huele a tierra fresca, sino que también nutre el suelo como un buen abono natural. En la planta de San Jerónimo, este proceso no es un simple trámite: es la clave para manejar los residuos orgánicos de la comunidad de Kayra. Pero ojo, no es solo echar todo en una pila y esperar. Se necesita separar bien los residuos, tener las instalaciones adecuadas y, claro, una gestión que esté atenta a cada detalle para que todo salga bien. Porque, al final del día, lo que está en juego es la salud del suelo y, con eso, la salud de quienes dependen de él.

Impactos Ambientales

Los impactos ambientales son los efectos que las actividades humanas tienen sobre el entorno natural. En el caso de la planta de compostaje de San Jerónimo, los impactos ambientales pueden incluir la contaminación del suelo y del agua debido a la mala gestión de los residuos, la emisión de olores desagradables y la liberación de gases de efecto invernadero (Pacheco y Torres, 2021). Identificar y mitigar estos impactos es esencial para proteger la salud ambiental de la comunidad de Kayra y para promover prácticas sostenibles de gestión de residuos.

Manejo Ambiental

El manejo ambiental se refiere a la planificación, implementación y control de políticas, procedimientos y prácticas diseñadas para minimizar el impacto negativo de las

actividades humanas sobre el medio ambiente. En el contexto de esta investigación, el manejo ambiental implica la aplicación de medidas específicas en la planta de compostaje para asegurar que las operaciones no dañen los recursos naturales y para promover la sostenibilidad. Este concepto abarca la gestión de residuos, el uso eficiente de recursos, la reducción de emisiones contaminantes y la preservación de la biodiversidad (González y Rivera, 2020).

Normativas Ambientales

Las normativas ambientales son regulaciones y leyes diseñadas para proteger el medio ambiente y la salud pública. Estas normativas establecen estándares y requisitos específicos para la gestión de residuos, la producción de compost y la operación de instalaciones de tratamiento de residuos (MINAM, 2020). Cumplir con las normativas ambientales es crucial para asegurar que la planta de compostaje de San Jerónimo opere de manera legal y responsable, y para evitar sanciones o impactos negativos sobre la comunidad y el entorno.

Plan de manejo Ambiental

Según Villanueva (2020), un Plan de Manejo Ambiental —o PMA para los amigos— no es simplemente un papel más que alguien firma y olvida. No, es como ese manual de supervivencia que toda actividad humana debe tener para no andar dejando heridas abiertas en la tierra que pisamos. Villanueva (2020) lo define bastante bien: es una herramienta pensada para que, en vez de dañar, cuidemos nuestro entorno. Y no es solo cuestión de buenas intenciones; implica implementar medidas que no solo eviten daños, sino que corrijan cualquier error a tiempo, y además, estén siempre vigilando qué pasa. Es decir, un PMA se asegura de que lo que producimos y hacemos, no termine siendo un problema para el ambiente ni para la gente que vive cerca. Al final, es esa guía que nos pone límites y nos recuerda que la naturaleza también merece respeto y cuidado.

Residuos Orgánicos

El truco está en no dejar que todo eso se acumule sin control, porque si lo tiramos a los

vertederos, la cosa se complica: gases que afectan al clima, olores insoportables y líquidos que pueden contaminar el suelo y hasta el agua (Martínez et al., 2020). En la comunidad de Kayra, sin embargo, se están tomando en serio este asunto con el compostaje. Más que botar residuos, los convierten en algo útil, un recurso que regresa a la tierra para nutrirla. Así que no solo es una forma de limpiar, sino de transformar un problema en oportunidad.

2.3. MARCO NORMATIVO

El marco normativo de esta investigación incluye un conjunto de normas y regulaciones que guían la gestión de residuos sólidos y la producción de compost en el Perú, asegurando que las prácticas implementadas en la planta de compostaje de San Jerónimo cumplan con los estándares de calidad, sostenibilidad y protección ambiental. A continuación, se detallan normativas claves relacionadas con la investigación:

- Ley N° 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016)

Esta ley establece el marco legal para la gestión integral de los residuos sólidos en el Perú, incluyendo los residuos orgánicos. La ley promueve la minimización de residuos, el aprovechamiento de materiales reciclables y la correcta disposición final. En el contexto de la planta de compostaje de San Jerónimo, esta ley es fundamental, ya que proporciona las directrices para la separación, recolección y tratamiento adecuado de los residuos orgánicos, asegurando que se transforman en compost de manera eficiente y sin impactos negativos al medio ambiente.

- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM: Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Este reglamento complementa la Ley N° 1278, especificando los procedimientos y requisitos técnicos para la gestión de residuos sólidos. Incluye disposiciones sobre la clasificación de residuos, las responsabilidades de los generadores y operadores de residuos, y los estándares para el manejo y tratamiento de residuos orgánicos. Para la planta de compostaje de San Jerónimo, el cumplimiento de este reglamento es crucial para asegurar que todas las operaciones se realicen de acuerdo con los estándares

nacionales de calidad y seguridad ambiental.

- Norma Técnica Peruana NTP 339.315:2021: Compost – Requisitos

Esta norma técnica especifica los criterios de calidad que debe cumplir el compost producido en el Perú. Define parámetros como el contenido de materia orgánica, la estabilidad del producto, la ausencia de metales pesados y patógenos, y las características físicas del compost. La aplicación de esta norma en la planta de compostaje de San Jerónimo garantizará que el compost producido sea seguro para su uso en la agricultura y otros fines, mejorando la calidad del suelo y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

- Decreto Supremo N° 002-2020-MINAM: Política Nacional del Ambiente

La Política Nacional del Ambiente establece los lineamientos generales para la protección del ambiente y la promoción del desarrollo sostenible en el Perú. Esta política enfatiza la gestión adecuada de residuos sólidos, la reducción de la contaminación y la conservación de los recursos naturales. En el contexto de la planta de compostaje de San Jerónimo, esta política proporciona un marco amplio para la implementación de prácticas de manejo ambiental que minimicen los impactos negativos y promuevan un uso eficiente de los recursos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad de la comunidad de Kayra.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La implementación del plan de manejo ambiental disminuirá significativamente el impacto ambiental de la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo - comunidad Kayra-Cusco, 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

1. La situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo es deficiente e impacta negativamente a la comunidad de Kayra.
2. La calidad del compost producido en la planta de compostaje de San Jerónimo en la comunidad de Kayra-Cusco es baja.

3. Los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos mejorarán significativamente el desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en Kayra, una comunidad rural en Cusco, Perú, donde el clima y el entorno agrícola influyen en el compostaje. La planta de compostaje es clave para gestionar los residuos orgánicos y produce compost que mejora el suelo y apoya la agricultura local. Esto contribuye al desarrollo sostenible y al bienestar de los residentes. Involucrar a la comunidad en el estudio es esencial para adaptar el plan de manejo ambiental a sus necesidades y garantizar su efectividad.



Figura 01: Ubicación de la zona en estudio

Fuente: Mapa Kayra-Cusco-Perú

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

Para esta investigación, cuando hablamos de población, no nos referimos solo a personas, sino a todo lo que gira alrededor de la planta de compostaje en San Jerónimo, específicamente en la comunidad de Kayra, en Cusco. Es un universo bastante concreto, pero con varias capas interesantes. Veamos a quiénes y qué incluye este estudio:

Residuos orgánicos generados: Cinco toneladas. Esa es la cantidad aproximada de residuos orgánicos que la planta recibe para procesar. Estos vienen de todas partes: desde las casas de las familias, pasando por los mercados donde se vende la comida, hasta las zonas agrícolas donde se cultiva. Todo ese material se recoge, se transporta y llega a la planta para ser tratado y convertirse en compost. Es impresionante pensar en toda esa materia orgánica que, en vez de terminar tirada sin control, se transforma en algo útil.

Personal de la planta de compostaje: Detrás de todo ese proceso hay un equipo de 10 personas, que no solo están ahí para mover cosas, sino que tienen un rol fundamental. Desde quienes reciben y separan los residuos, asegurándose de que no se mezclen materiales que no debe estar ahí, hasta los técnicos que están al pendiente de que el compost cumpla con los estándares de calidad. Son manos y cerebros que trabajan para que todo marche bien y el proceso sea eficiente.

Comunidad local: La comunidad de Kayra, ubicada en el distrito de San Jerónimo, está conformada por aproximadamente 1,200 habitantes, quienes se ven impactados por las actividades de la planta de compostaje. Los residentes pueden beneficiarse del uso del compost para fines agrícolas y de la mejora ambiental derivada de la gestión adecuada de los residuos.

MUESTRA

Para garantizar una evaluación precisa del funcionamiento de la planta de compostaje, la calidad del compost producido y los impactos ambientales asociados, se seleccionó

muestras representativas que incluyen los siguientes elementos:

Muestra de residuos orgánicos.

Se recolectaron un total de 50 kg de residuos orgánicos procesados en la planta durante un período de tres meses. La muestra está compuesta por residuos de diferentes fuentes: domésticos (50%), comerciales (30%) y agrícolas (20%), para evaluar su composición y características físicas y químicas.

Personal operativo de la planta.

De un total de 10 trabajadores, se seleccionó una muestra de 5 empleados mediante un muestreo aleatorio simple. A estos se les aplicaron entrevistas y encuestas para identificar prácticas operativas, controles implementados y problemas enfrentados durante el proceso de compostaje.

Muestra de compost producido.

Se tomaron 20 muestras de compost en diferentes etapas del proceso de compostaje (inicio, intermedio y final). Estas muestras se analizaron para determinar parámetros clave como la concentración de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), estabilidad del compost, presencia de patógenos y posibles contaminantes como metales pesados.

Encuestas a la comunidad local.

Se seleccionó una muestra representativa de 100 habitantes de la comunidad de Kayra, utilizando un muestreo estratificado basado en criterios de edad y ocupación. Mediante encuestas, se recopilaron datos sobre las percepciones de los residentes respecto al impacto ambiental de la planta de compostaje, sus beneficios para la salud y la disposición a utilizar el compost producido con fines agrícolas.

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

- **Tipo de Investigación:** Descriptivo.
- **Enfoque:** Cuantitativo.

Materiales:

1. Entrevistas con personal de la planta y residentes.
2. Encuestas a la comunidad y agricultores.

3. Equipos de muestreo para compost.
4. Equipos de laboratorio para análisis físico-químico.
5. Cámaras fotográficas para documentación.

Técnicas:

Observación Directa: Evaluación de operaciones en la planta.

Entrevista: Con personal de la planta y miembros de la comunidad.

Encuesta: A residentes y agricultores sobre impactos y percepción del compost.

Instrumentos de Registro:

Guías de entrevista y cuestionarios para encuestas. Ver anexo Nro. 2

Formularios de muestreo para compost. Ver anexo Nro. 3

Checklists para auditoría ambiental. Ver anexo Nro. 4

Metodología

La metodología de este estudio se desplegó en varias etapas, cada una con su propio peso y propósito, pero todas conectadas para construir un panorama claro y útil para la planta de compostaje en San Jerónimo. No es solo seguir un protocolo, sino entender el proceso desde diferentes ángulos, involucrando a quienes viven y trabajan ahí, y hasta a la tierra misma.

Objetivo específico 1: Diagnóstico Inicial.

Esta primera fase es, sin duda, la piedra angular del plan de manejo ambiental. Aquí se conversó a través de entrevistas semiestructuradas con quienes hacen que la planta funcione día a día: los operadores, funcionarios locales y expertos en gestión de residuos. Se recogieron no solo datos, sino también esas experiencias que a veces no salen en los documentos, captando los problemas, las limitaciones y, claro, las oportunidades que estaban por explorar. Además, se hizo una revisión minuciosa de informes y documentos técnicos previos, donde se definió el punto de partida, línea base que sirvió de guía.

Análisis del Manejo Actual.

No se quedó con lo que decían, sino que se fue a la planta y realizó una inspección en sitio para observar con se hacen las cosas, especialmente cómo se separan los

residuos., si hubo control de olores y qué tan bien estuvo la infraestructura para procesar todo lo que llegó. También se puso atención en las prácticas de seguridad y, muy importante, en si se cumplen con la normativa ambiental vigente, como la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y otras reglas locales. No fue cuestión solo de normas, sino de cuidar que todo funcione con responsabilidad.

Objetivo específico 2: Evaluación del Compost.

Esta etapa fue el corazón del estudio en términos técnicos. Se tomaron muestras del compost en diferentes fases y se analizaron en el laboratorio. Identificándose si el producto final fue realmente apto para la agricultura, revisando parámetros como pH, humedad y la presencia de metales pesados, esa información no se improvisó. Todo estuvo a tono con la Norma Técnica Peruana NTP 339.315:2021. Además, se hizo pruebas de germinación y microbiológicas para asegurarse de que el compost no solo fue nutritivo, sino seguro. Allí se buscó detectar cualquier falla para proponer cómo mejorar.

Controles Ambientales

No bastó con producir compost, sino que tuvo que hacerse sin dañar el entorno. Se observó de cerca cada paso del proceso para identificar fuentes potenciales de contaminación —como los lixiviados o gases de efecto invernadero— y se realizó una auditoría ambiental que confirmó que la planta cumplió con la Ley N° 1278 y demás normas. También se revisaron los procedimientos operativos y registros internos para asegurarse de que se implementaron las mejores prácticas posibles.

Objetivo específico 3: Cumplimiento de Controles Operacionales

Aquí fue donde se aseguró que los controles ambientales no solo existieran en papel, sino que se cumplieran en la práctica. Se revisaron indicadores clave como la temperatura y humedad en las pilas de compost, se documentaron las medidas tomadas ante cualquier desviación y se propusieron mejoras concretas para optimizar la operación. Al final, se quiso que la planta no solo funcionara, sino que lo hiciera con eficiencia y sostenibilidad.

Encuestas y Cuestionarios.

Porque la planta no vivió en un vacío, sino dentro de una comunidad, fue esencial conocer qué pensaba la gente. Se aplicaron encuestas y cuestionarios a los residentes de Kayra, a los agricultores y a otros usuarios del compost. Con preguntas cerradas y abiertas, se buscó captar tanto números como opiniones y sentimientos. Esta mirada desde abajo ayudó a entender cómo se percibía la calidad del compost y el impacto ambiental, para ajustar las estrategias con base en la realidad local.

Análisis de Datos

No bastó con juntar información; hubo que saber interpretarla. Para eso, se usó software especializado que permitió procesar y analizar estadísticamente las respuestas, buscando patrones y relaciones entre la percepción comunitaria y los resultados técnicos del compost. Esta combinación fue clave para tener una visión completa y proponer un plan de manejo ambiental verdaderamente efectivo.

Objetivo General: Plan de Manejo Ambiental.

Finalmente, con toda esta información y análisis, se elaboró un plan de manejo ambiental claro, paso a paso, para que la planta de compostaje pudiera seguirlo y, sobre todo, aprovecharlo. Fue un plan pensado como sistemático y que funcione como guía práctica y recomendación para un manejo responsable y sostenible.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 01: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Plan de manejo ambiental de compostaje (Vi)	1. Superficie de la planta de compostaje	1. Área total de la planta en metros cuadrados	1. Razón (m ²)
	2. Manejo de residuos orgánicos	2. Eficiencia en la clasificación de residuos (baja, media, alta)	2. Ordinal (baja, media, alta)
	3. Parámetros físico-químicos del compost	3. Niveles de humedad, pH y nutrientes	3. Razón (porcentaje, unidades de pH, mg/kg)
	4. Medidas y controles ambientales	4. Número de controles ambientales implementados	4. Ordinal (poco, moderado, alto)
Planta de compostaje (Vd)	1. Cumplimiento de normativas	1. Grado de cumplimiento de normativas	1. Nominal (cumple/no cumple)
	2. Procedimientos operativos	2. Documentación y aplicación de procedimientos estándar	2. Ordinal (documentado / no documentado)

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

4.1.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA

La planta de compostaje de San Jerónimo se encuentra en una zona agrícola como se muestra en la Figura 2, donde se observa alrededor parcelas sembradas.



Figura 02: Imagen satelital planta compostaje de San Jerónimo

Fuente: Google Earth.

En cuanto a la cercanía de las casas, las primeras ubicadas en los campos comienzan a unos 600 mts, y las ubicadas en los centros poblados a 1.100 metros, aproximadamente. Y están prácticamente alrededor de la planta, a excepción del lindero norte donde se observa sólo parcela de siembra hacia la zona montañosa.

Se presentan a continuación las coordenadas UTM, a la entrada de la planta.

Tabla 02: Coordenadas UTM de la planta de compostaje

Descripción	Valor
Longitud.	187.963,24 m. E.
Latitud.	8.502.432,38 m. S.
Altitud.	3.425 m.s.n.m.
Plano.	19 L

Nota. Extraído de Google Earth.

Al sur de la planta de compostaje se encuentra la comunidad de Picol, hacia el sureste la zona urbana de Huayllapampa, hacia el oeste la urbanización de Santa María, y el resto de los linderos la fila montañosa.

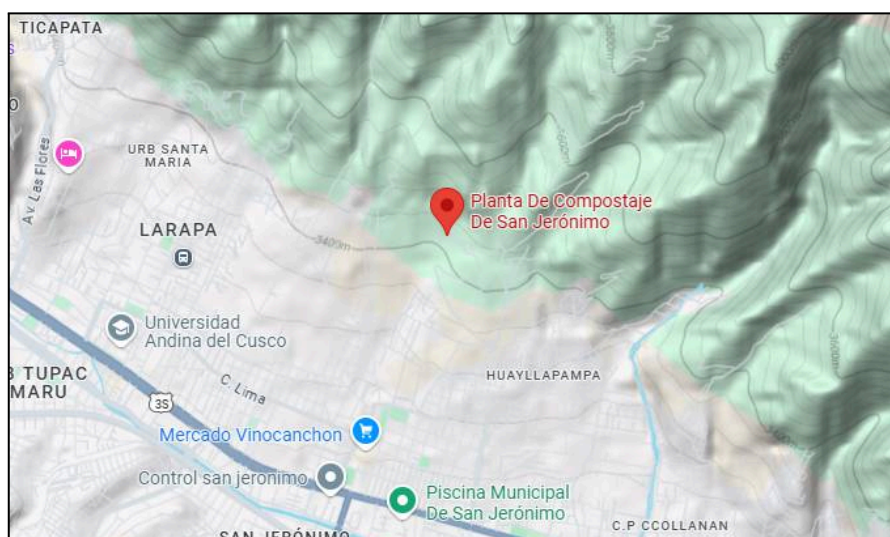


Figura 03: Relieve planta compostaje de San Jerónimo

Nota: Extraído de Google Maps.

La Figura 3 muestra el relieve del área, observándose que la planta de compostaje se encuentra en el pie de la franja montañosa, en un depósito coluvial compuesto por cantos grandes de roca, y una matriz limosa producto de la descomposición de la roca. La pendiente del terreno es hacia los centros poblados.

4.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

En la Figura 4, se muestra la distribución de las unidades de trabajo en la planta de compostaje de San Jerónimo.

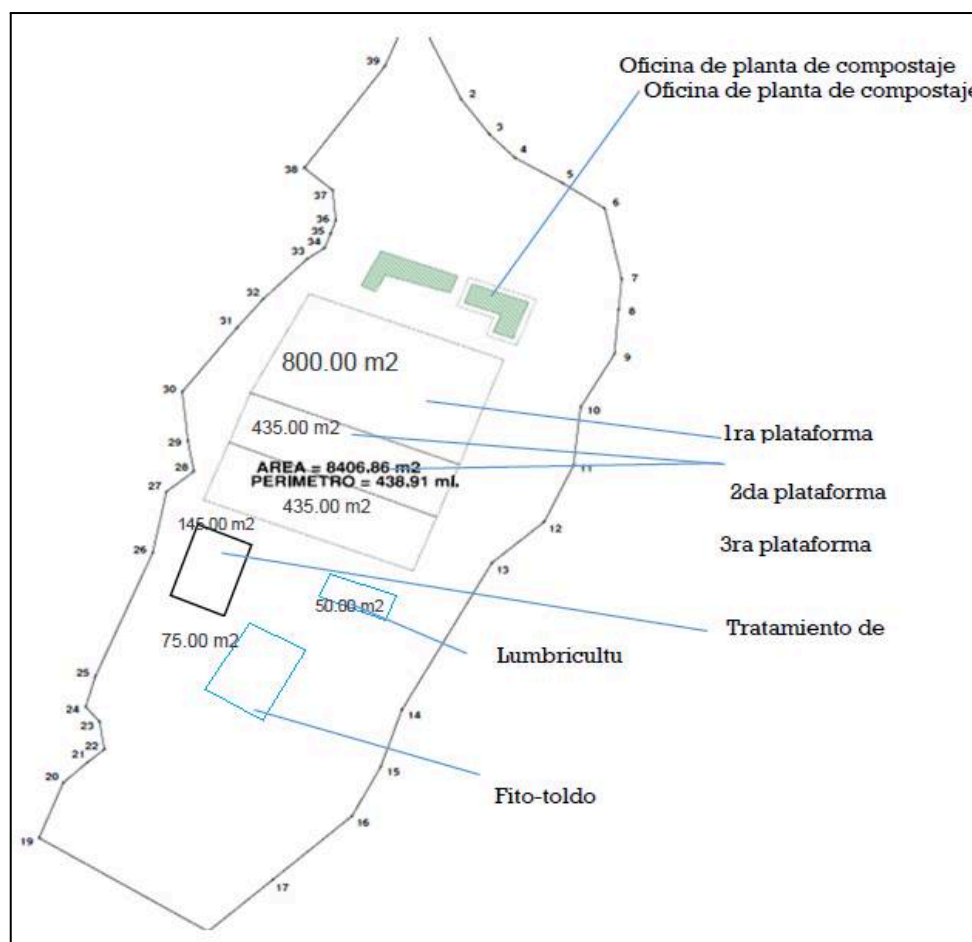


Figura 04: Distribución planta compostaje de San Jerónimo

Fuente: Municipalidad Distrital de San Jerónimo (2020).

En esta figura, la distribución actual de las áreas de trabajo se puede mejorar, cambiando la ubicación de las plataformas de descomposición y de las oficinas. También se puede ubicar más hacia el norte, las unidades de tratamiento de los lixiviados, Fitotoldo, y Lombricultura.

Tabla 03: Dimensiones de sectores de la planta de compostaje.

Descripción	Área (m ²)
Plataforma 01. Fase mesófila.	800,00
Plataforma 02. Fase termófila.	435,00
Plataforma 03. Fase maduración.	435,00
Lumbricultura.	50,00
Fitotoldo.	75,00

Tratamiento de lixiviados.	145,00
Descomposición y procesos auxiliares.	1.940,00
Parcela de la planta.	8.406,86

Nota: Municipalidad Distrital de San Jerónimo (2020).

Como se indica en la Tabla 3. El área destinada a la descomposición de la materia orgánica, y procesos auxiliares como lombricultura es de 1.940 m², representando el 23,08% del área bruta de la parcela. Por lo que se tiene.

4.1.3. ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL COMPOST

Para elaborar una evaluación de producción de una planta de compostaje, es importante considerar cada etapa del proceso, la cantidad de material requerida, la cantidad de material saliente, los equipos o maquinarias necesarios y el tiempo estimado para cada etapa. A continuación, te presento una evaluación detallada:

a. Recolección de residuos orgánicos

- **Cantidad de material requerida:** Varía según la capacidad de la planta. Por ejemplo, para una planta de 1000 toneladas anuales, se necesitarían aproximadamente 2.74 toneladas diarias de residuos orgánicos.
- **Equipos o maquinarias requeridas:** Camiones recolectores, contenedores.
- **Tiempo estimado:** Depende de la frecuencia de recolección y la distancia de transporte.

b. Preparación de los residuos

- **Cantidad de material requerida:** Igual a la cantidad recolectada.
- **Cantidad de material saliente:** Igual a la cantidad recolectada.
- **Equipos o maquinarias requeridas:** Trituradoras, mezcladoras.
- **Tiempo estimado:** Aproximadamente 1-2 horas por tonelada.

En la planta de San Jerónimo, no se dispone de equipos de trituración ni de mezclado.

c. Formación de pilas

- **Cantidad de material requerida:** Igual a la cantidad preparada.
- **Cantidad de material saliente:** Igual a la cantidad preparada.
- **Equipos o maquinarias requeridas:** Palas cargadoras, volteadoras de compost.
- **Tiempo estimado:** Aproximadamente 1 hora por tonelada.

La formación de las pilas se realiza mediante los camiones volteos, y son perfiladas por los trabajadores mediante palas. Estas pilas están ubicadas en la plataforma 01.

d. Descomposición inicial (Fase mesófila – Plataforma 01)

- **Cantidad de material requerida:** Igual a la cantidad en las pilas.
- **Cantidad de material saliente:** Igual a la cantidad en las pilas.
- **Equipos o maquinarias requeridas:** Volteadoras de compost, sistemas de aireación.
- **Tiempo estimado:** 2-3 semanas.

Como se indicó en el punto los trabajos se realizan manuales por el personal obrero, mediante palas, carretillas y rastrillos.

e. Descomposición avanzada (Fase termófila -Plataforma 02)

Cantidad de material requerida: Igual a la cantidad en las pilas.

Cantidad de material saliente: Igual a la cantidad en las pilas.

Equipos o maquinarias requeridas: Volteadoras de compost, sistemas de aireación.

Tiempo estimado: 4-6 semanas.

f. Enfriamiento (Plataforma 03)

- **Cantidad de material requerida:** Igual a la cantidad en las pilas.
- **Cantidad de material saliente:** Igual a la cantidad en las pilas.
- **Equipos o maquinarias requeridas:** Volteadoras de compost, sistemas de aireación. En la planta de San Jerónimo el proceso se realiza manual.
- **Tiempo estimado:** 2-3 semanas.

g. Maduración (plataforma 03)

- **Cantidad de material requerida:** Igual a la cantidad en las pilas.
- **Cantidad de material saliente:** Aproximadamente el 50-60% del material inicial

debido a la reducción de volumen.

- **Equipos o maquinarias requeridas:** Volteadoras de compost, sistemas de aireación.
- **Tiempo estimado:** 4-8 semanas.

La etapa de maduración se realiza parcialmente, o no se realiza, por lo que prácticamente la pérdida de peso se encuentra entre el 25% al 35%.

h. Tamizado y envasado

Cantidad de material requerida: Igual a la cantidad de compost maduro.

Cantidad de material saliente: Igual a la cantidad de compost maduro. Sin embargo, en el caso de la planta de San Jerónimo, como no se realiza el proceso de trituración y mezclado, se pierde un 10% del peso sacando trozos grandes de material no descompuesto.

Equipos o maquinarias requeridas: Tamizadoras, envasadoras. Este proceso en la planta de San Jerónimo se realiza manual.

Tiempo estimado: Aproximadamente 1-2 horas por tonelada.



Figura 05: Formación de pilas.

Se muestra en la Figura 5, como se descarga el desecho sólido orgánico directamente

sobre la plataforma 01 en filas. No pasando el material por el proceso de trituración y mezclado.



Figura 06: Pilas de materia orgánica

Se puede observar la cantidad de basura de las pilas, la diferencia de tamaños presentes, la falta de homogeneidad del material, y la falta de un drenaje adecuado. Posteriormente, los trabajadores, tratan de separar las pilas manualmente haciendo uso de pala, sin embargo, esta cae de nuevo entre las pilas.



Figura 07: Transporte de material procesado.

Como se observa, el material procesado o intermedio, se transporta de una plataforma a otra a través de palines, palas y carretillas. Se observa una falta de recolección del

lixiviado (falta de pendientes y canales).



Figura 08: Protección de los factores externos.

Los materiales en procesos en ubicados en las plataformas 02 y 03, solo son protegidos parcialmente por un techo metálico, por lo que no se garantiza los cambios de humedad del material.



Figura 09: Falta de maquinarias.

Se destaca en la figura, como todo el trabajo es hecho manualmente por los trabajadores, no se utilizan ningún tipo de maquinaria. En cuanto al proceso de tratado de las diferentes etapas puede ser optimizados, de manera tal de evitar el carreo innecesario del material en los diversos procesos. De esta manera, y con una adecuada recolección de los lixiviado, poder utilizarlo en la mejora de la composición del compost.

4.1.4. PROCESOS AUXILIARES DE ELABORACIÓN DEL COMPOST

En la planta de compostaje de San Jerónimo, los dos procesos auxiliares de mayor

importancia lo constituyen la lombricultura y el tratamiento de los lixiviados, los cuales se describen a continuación.

4.1.4.1 LOMBRICULTURA

La lombricultura, también conocida como vermicultura o vermicompostaje, es una técnica de cultivo y manejo de lombrices para la producción de humus de lombriz, un abono orgánico de alta calidad. Este proceso implica la descomposición de materia orgánica por medio de lombrices, principalmente de la especie *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). La lombricultura se utiliza ampliamente en la agricultura ecológica y la gestión de residuos orgánicos debido a sus múltiples beneficios.



Figura 10: Lombricultura.

En la Figura 10, se observa cómo es la cría de las lombrices utilizadas en el proceso de descomposición, notándose que se requiere de mayor cantidad de cría para asegurar una mejor descomposición de la materia orgánica y calidad del compost.

Etapas de la Lombricultura

1. Preparación del Sustrato

Materiales: Residuos orgánicos como estiércol, restos de vegetales, residuos de cocina y hojas secas.

Proceso: Los residuos orgánicos se deben triturar y mezclar para obtener una textura homogénea. Es importante asegurarse de que el sustrato tenga un contenido de humedad adecuado (aproximadamente 70-80%).

2. Cama de Lombrices

Construcción: Se prepara una cama o lecho para las lombrices. Puede ser en una caja, contenedor o directamente en el suelo. Se coloca una capa de sustrato preparada en la cama.

Introducción de Lombrices: Se introducen las lombrices en la cama, asegurándose de que tengan suficiente alimento y un ambiente adecuado para su reproducción y actividad.

3. Alimentación y Mantenimiento

Alimentación: Las lombrices se alimentan continuamente con nuevos residuos orgánicos. Es importante no sobrealimentar para evitar la fermentación y malos olores.

Condiciones Ambientales: Mantener la cama a una temperatura adecuada (entre 15-25 °C) y controlar la humedad (70-80%). Evitar la exposición directa al sol y las temperaturas extremas.

4. Recolección del Humus

Separación: Después de un período de tiempo (generalmente 3-6 meses), el sustrato original se transforma en humus de lombriz. Las lombrices y el humus se separan utilizando métodos como el tamizado o el uso de luz para que las lombrices se desplacen a nuevas áreas de sustrato.

Recolección: El humus de lombriz recolectado se deja secar ligeramente y luego se envasa o se utiliza directamente como abono orgánico en suelos y cultivos.

5. Reproducción y Expansión.

Reproducción de Lombrices: Las lombrices se reproducen rápidamente en condiciones adecuadas. Parte de las lombrices se pueden utilizar para iniciar nuevas camas y expandir la producción de humus.

Mantenimiento Continuo: Continuar el proceso de alimentación y manejo de las lombrices para asegurar una producción continua de humus.

4.1.4.2 TRATAMIENTO DE LIXIVIADO

En la planta de compostaje de San Jerónimo, no se reutiliza el lixiviado en los procesos de elaboración del compost, solo es tratado para ser vertido en forma natural en un canal

de drenaje natural. Los procesos utilizados son los siguientes.

Coagulación y Floculación: Se añaden coagulantes (como sulfato de aluminio o cloruro férrico) y floculantes para aglomerar las partículas suspendidas y facilitar su eliminación.

Filtración: Se utilizan filtros de arena, carbón activado o membranas para eliminar sólidos suspendidos y contaminantes disueltos.

Ajuste de pH: Se ajusta el pH del lixiviado para optimizar la eficiencia de otros tratamientos y reducir la toxicidad.

Tratamiento Aeróbico: Utiliza microorganismos que descomponen la materia orgánica en presencia de oxígeno. Este proceso puede realizarse en lagunas aireadas o reactores biológicos.

4.1.4.3 IMPACTO AMBIENTAL EN LA COMUNIDAD

En este aparte se toman los valores encontrados por Delgado (2022), el cual en su trabajo de grado realizó un monitoreo del impacto ambiental generado por la planta de compostaje de San Jerónimo, donde la principal contaminación es de tipo odorífera.

En esta investigación además de las mediciones realizadas en la planta, realizó mediciones cualitativas a las personas (encuesta) en los puntos mostrados en la siguiente figura.



Figura 11: Lumbricultura

El punto 3 se encuentra a unos 624 mts de la planta y el punto 4 a unos 1.280 mts, medidos a través de las herramientas del Google Earth.

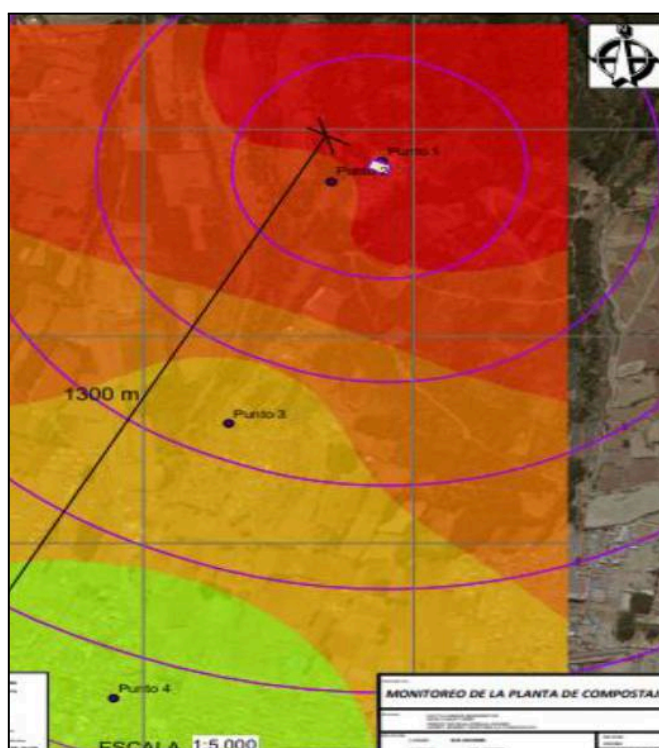


Figura 12: Mapa intensidad del olor.

Fuente: Delgado (2022)

En este mapa, Delgado (2022) indica la intensidad de los olores a través de la unidad de olor definida por las naciones unidades, se presenta a continuación una tabla resumen con rangos cualitativos del estudio realizado.

Tabla 04: Dimensiones de sectores de la planta de compostaje

Intensidad	Aceptabilidad	Duración	Color
Suave	Olor indiferente	Menos de 1 hora	Verde
Mediano	Ligeramente incómodo	1 hora	Amarillo
Fuerte	No lo tolero	Más de 1 hora	Anaranjado
Muy fuerte	Muy insoportable	Más de 12 horas	Rojo

De acuerdo a esta tabla, se tiene un sector considerable del área urbana afectado por contaminación odorífera.



Figura 13: Implementos de seguridad empleados

Fuente: Delgado (2022)

En la Figura 13, se observa que el personal de trabajo utiliza botas, bragas, guantes, sombreros y mascarillas, para protegerse de los factores contaminantes durante las horas laborables. Sin embargo, este personal no está protegido contra los gases tóxicos y los fuertes olores que salen del proceso de descomposición de la materia orgánica.

4.2. CALIDAD DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

4.2.1. MEDICIONES Y ENSAYOS EN CAMPO Y LABORATORIO

De acuerdo a una publicación del alcalde Albert Arenas, en su cuenta de Facebook, de fecha 28/05/2021. La municipalidad de San Jerónimo, produce una totalidad de desecho sólido de 54 toneladas, de los cuales 10 toneladas son residuos orgánicos que son enviados a la planta de compostaje.

De los registros obtenidos de la planta, se ingresan diariamente entre 6 a 7 toneladas, la planta está funcionando desde el 2009, inaugurándose en el 2011 la plataforma 03. Las pruebas que se realizan en el laboratorio (ubicado en las áreas de oficinas) y en campo, son: medición de temperatura, determinación de la humedad, y determinación de PH.

En las plataformas de descomposición, se colocaron compostadores, sitios destinados preparados para la realización de las mediciones. Se presentan a continuación las mediciones realizadas.

Tabla 05: Pruebas de humedades semanales

Pruebas de Humedad (%)						
	4	5	6	7	8	9
1	16,12	25,80	37,30	42,40	31,2	28,1
2	23,90	33,60	41,20	53,60	36,10	20,80
3	17,80	26,30	33,60	39,90	27,40	16,10
4	26,70	31,50	39,75	45,80	37,30	28,10

Se realizan semanalmente los días miércoles de cada semana las pruebas de laboratorio y de campo. En la Tabla 5, se muestran las humedades en los compostadores distribuidos en las plataformas.

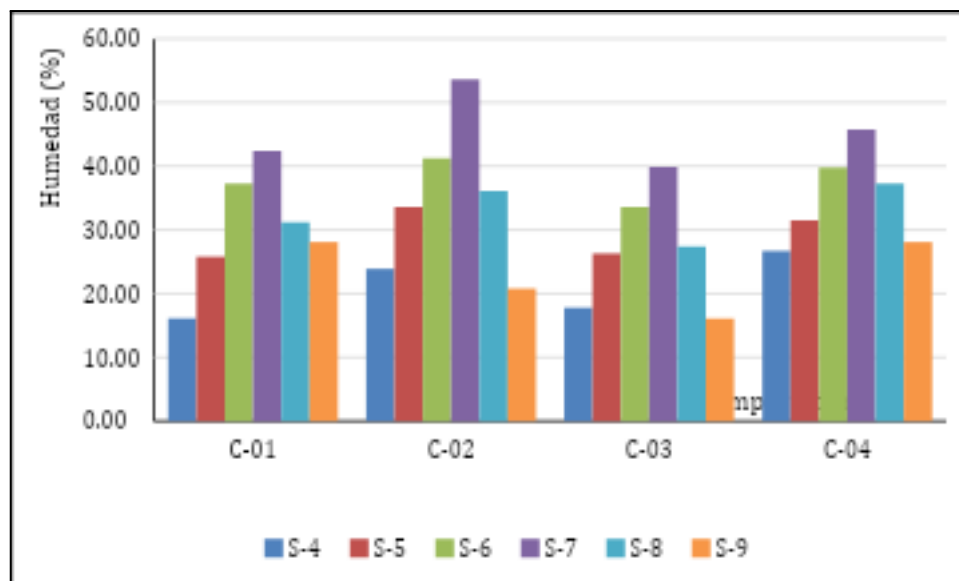


Figura 14: Pruebas de humedades semanales

En esta figura se observa la tendencia a subir y bajar la humedad, lo cual indica un descontrol en el mantenimiento estable que se requiere de la humedad. La humedad se debería mantener superior al 40% en todas las etapas. En el siguiente aparte, se presenta un resumen de los valores encontrados en las literaturas online por etapas.

Tabla 06: Pruebas de pH semanales

	Pruebas de pH					
	4	5	6	7	8	9
1	8,12	8,20	8,61	8,43	8,39	8,02
2	8,45	8,74	8,59	8,41	8,10	8,13
3	8,47	8,48	8,51	8,42	8,28	8,22
4	8,70	8,63	8,59	8,44	8,59	8,33

La materia orgánica, se está manteniendo en un pH ácido, lo cual indica falta de degradación en los procesos de descomposición, indicando que los procesos que se llevan a cabo son muy lentos.

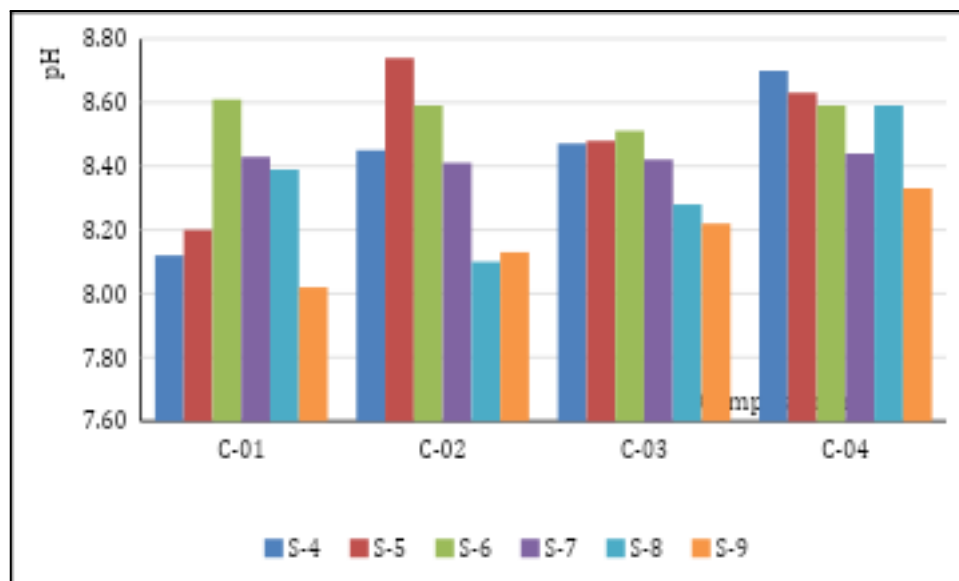


Figura 15: Pruebas de pH semanales.

En la Figura 15, se observa tendencias erráticas en el comportamiento del pH, posiblemente se deba a los cambios de humedad por factores externos.

Tabla 07: Mediciones de Temperaturas semanales.

Compostador	Mediciones de Temperatura (°C)					
	4	5	6	7	8	9
1	15,80	24,30	35,80	40,90	30,70	29,10
2	23,80	33,10	39,90	51,80	36,50	22,30
3	17,90	25,40	33,10	38,60	27,50	16,30
4	26,40	29,70	38,30	45,10	39,60	28,60

Las mediciones realizadas de las temperaturas son muy bajas, se debe esperar que los valores estén por encima de 40°C (ya que se está analizando desde la semana 4 a la 9).

Ya en la semana 9 los valores pueden estar por debajo de 40°C, pero no muy lejanos.

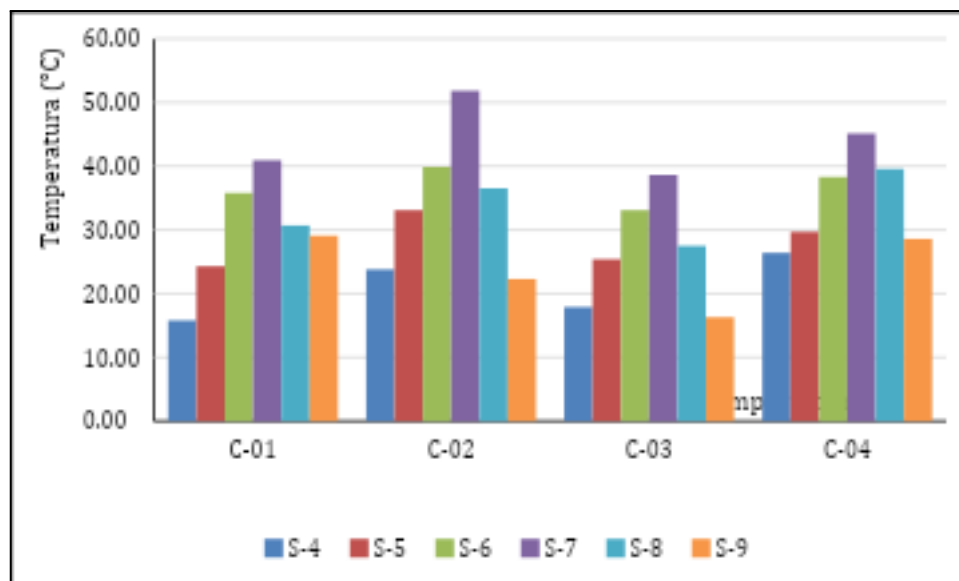


Figura 16: Mediciones de Temperaturas semanales

En cuanto a los comportamientos de las temperaturas por compostador son los adecuados. Sin embargo, como se indicó en el párrafo se tiene temperaturas muy bacterias y abordar problemas de inmediato.

4.2.1.1 VARIABLES QUE GENERAN OLOR

Las variables principales que determinan la generación de olores y gases en una planta de compostaje están relacionadas con las características físicas y químicas de la pila de compost, entre estas:

Estructura de la pila y porosidad

La sección de la pila generalmente utilizada es de forma triangular, con una base de 2 m, y una altura menor a 1,5 m. En cuanto a su porosidad, se debe tratar de tener en la mezcla de materia orgánica una densidad seca por debajo de 472 kg/m^3 , con lo cual seguramente se obtendrá una porosidad superior al 30%.

Relación C/N

Los microorganismos consumen aproximadamente 30 partes de Carbono por cada una de Nitrógeno, luego la relación C/N debe estar en el rango de 25 a 35. En general, si se tiene un volumen de nitrógeno alto, el volumen de oxígeno es bajo, y si se tiene un volumen de nitrógeno bajo se genera una baja actividad.

Porcentaje de Oxígeno de la pila y pH.

Se debe mantener el porcentaje de oxígeno por encima del 8%, si se puede tratar de mantener en un rango de 10% al 15%, acompañado de un pH en el tango de 8,5 a 7.

Contenido de humedad de la pila.

Como se mencionó anteriormente la humedad se debe encontrar entre 40% al 60%, preferiblemente en sus valores altos, es decir entre 50% y 60%.

Temperatura de la pila.

La medición de la temperatura se debe realizar como medida de control de los procesos de descomposición de la materia orgánica, se debe tratar que en las fases mesófila y termófila, alcance sus valores máximos (rango entre 40°C a 70°C), de esta manera se tiene caídas mayores en las fases de enfriamiento y maduración. De no producirse esta condición generalmente se tiene una falta de oxígeno, falta de humedad, o una relación C/N inadecuada.

Tasa de aireación.

El material se debe airear o voltear, frecuentemente cuando:

Voltear cuando el nivel de Oxígeno disminuya por debajo del 5% en el centro.

Adicional al material grueso si el Oxígeno se mantiene por debajo del 5% con la frecuencia de volteo.

Voltear y humedecer cuando los niveles de humedad decaigan a <45%

4.2.1.2 OTROS FACTORES GENERADORES DE OLOR

En una planta de compostaje, varios factores externos e internos pueden contribuir a la generación de malos olores. El material regado en la planta, así como los vehículos de carga que permanecen durante la operación, son fuentes potenciales de emisión de olores desagradables debido a la acumulación y descomposición de residuos orgánicos. Además, el retraso en la mezcla o en la conformación de las pilas puede provocar condiciones anaeróbicas que favorecen la producción de compuestos malolientes.

Por otro lado, la presencia de canales de lixiviados y aguas estancadas en la planta crea ambientes propicios para la proliferación de microorganismos anaerobios, responsables

de olores desagradables. Un déficit en las prácticas de aireación y un pobre mezclado del material también contribuyen a la formación de micrositios anaeróbicos dentro de las pilas, lo que incrementa la generación de gases como amoníaco y compuestos sulfurados. La falta de limpieza y el exceso de material particulado agravan esta situación, dificultando la ventilación adecuada y el control de olores.

Finalmente, la mala sincronización en los tiempos de operación y las pilas sin airear son causas frecuentes de olores persistentes en las plantas de compostaje. Estas deficiencias operativas impiden que el proceso de descomposición se lleve a cabo de manera óptima, generando acumulación de gases malolientes y afectando la calidad del compost. Por ello, un manejo adecuado y oportuno de estas variables es esencial para minimizar los impactos ambientales y asegurar un proceso eficiente y sostenible.

4.2.1.3 CUBIERTAS Y BIOFILTROS

Las cubiertas

Pueden ser de diversos materiales como lonas, geotextiles o capas de compost maduro, desempeñan un papel crucial en el control del proceso de compostaje.

Regulación de la humedad:

Las cubiertas protegen las filas de compostaje de la lluvia excesiva, evitando el encharcamiento y la pérdida de nutrientes por lixiviación. También previenen la evaporación excesiva en climas secos, manteniendo un nivel de humedad óptimo.

Control de la temperatura:

Las cubiertas ayudan a mantener una temperatura constante dentro de las filas, favoreciendo la actividad microbiana y acelerando la descomposición. En climas fríos, retienen el calor generado por el compostaje, mientras que en climas cálidos, pueden proporcionar sombra y evitar el sobrecalentamiento.

Reducción de olores:

Al limitar la exposición del compostaje al aire libre, las cubiertas reducen la emisión de gases malolientes como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno.

Prevención de la proliferación de vectores:

Las cubiertas actúan como barrera física, evitando que insectos y otros animales tengan acceso a los residuos orgánicos en descomposición.

Control de la dispersión de partículas:

Las cubiertas previenen la dispersión de partículas de polvo, y de material ligero, por efecto del viento.

Los biofiltros

Son sistemas que utilizan materiales orgánicos, como compost maduro, astillas de madera o turba, para filtrar y tratar los gases emitidos durante el compostaje.

Regulación de gases y malos olores:

Los biofiltros capturan y descomponen los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y otros gases malolientes, como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno, mediante la acción de microorganismos presentes en el material filtrante.

Reducción de emisiones contaminantes:

Los biofiltros disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Mejora de la calidad del aire:

La implementación de biofiltros reduce la contaminación atmosférica, creando un ambiente más saludable para los trabajadores y las comunidades cercanas a las instalaciones de compostaje.

Cumplimiento de normativas ambientales:

Los biofiltros ayudan a las instalaciones de compostaje a cumplir con las regulaciones sobre emisiones atmosféricas, evitando sanciones y mejorando su imagen pública.

Reducción de lixiviados:

El uso correcto de los biofiltros, ayuda a la reducción de lixiviados, que son los líquidos que se generan durante el proceso de compostaje, y que pueden ser altamente contaminantes.

4.3. ESQUEMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

Se presenta a continuación un esquema de las actividades que se deben realizar para

implementar un plan de manejo de las condiciones ambientales, en la planta de compostaje de San Jerónimo, que debe manejar un volumen de desechos orgánicos diarios de 10 toneladas, la cual consta de un área bruta de 8.000 m².

Tabla 08: Resumen del plan de manejo ambiental

Contenido principal	
1. Introducción	Descripción de ubicación, capacidad y tipo de residuos procesados; proceso actual de compostaje; diagnóstico ambiental: olores, gases tóxicos y lixiviados; impacto en salud y ambiente; marco legal; objetivos generales y específicos.
2. Etapa 1: Control de Olores y Gases	Medición de olores (olfatometría) y gases (NH ₃ , H ₂ S, CH ₄); análisis de fuentes; medidas de mitigación: optimización del compostaje (C:N, aireación, humedad), uso de biofiltros y cubiertas; monitoreo periódico de gases y eficiencia de biofiltros.
3. Etapa 2: Control de Lixiviados	Análisis de calidad de lixiviados (DQO, DBO, nutrientes); evaluación del sistema de drenaje; mejoras propuestas: construcción de canales y fosas, impermeabilización, tratamiento mediante lagunas, filtración y reutilización; control de humedad con cubiertas; monitoreo de calidad y sistema de tratamiento.
4. Etapa 3: Monitoreo y Mejora Continua	Plan de monitoreo ambiental: olores, gases, temperatura, humedad, pH, aireación, porosidad; indicadores clave de desempeño; metas y objetivos; revisión del plan; capacitación en compostaje, seguridad e higiene.
5. Conclusiones y Recomendaciones	Resumen de beneficios esperados; recomendaciones para sostenibilidad; participación comunitaria como eje transversal.
Anexos y Monitoreos Específicos	Planos de planta y drenaje; fichas técnicas de equipos; procedimientos; marco legal; frecuencias y equipos para medir temperatura, humedad, pH, oxígeno, porosidad y gases tóxicos.

Este esquema proporciona una base sólida para controlar los factores que generan contaminación ambiental en la planta de compostaje de San Jerónimo. Este esquema sugerido para la implementación del plan, debe ser adaptado a las condiciones de las instalaciones y a las características del material orgánico a descomponer. Es imprescindible, mantener una comunicación constante con las autoridades ambientales y la comunidad.

4.4. PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES

La siguiente tabla presenta los **procedimientos principales del compostaje** aplicados en la planta de San Jerónimo–comunidad Kayra, como parte del plan de manejo ambiental implementado. Cada etapa está orientada a optimizar la transformación de materia orgánica mediante prácticas técnicas que garanticen eficiencia, sostenibilidad y salubridad.

Tabla 09: Procedimientos Principales del Compostaje

Etapa	Procedimiento	Herramientas/ Equipos	Objetivo
Trituración de materia orgánica	Romper y desmenuzar residuos grandes y pequeños	Pico, palas, escardillas	Reducir tamaño a <5 cm para facilitar compostaje
Separación de tamaños	Tamizar y clasificar materiales triturados	Tamiz metálico	Separar finos y triturar los gruesos
Mezcla del material	Integrar los residuos triturados en pilas	Palas, escardillas	Asegurar aireación y homogeneidad
Rociado inicial con agua	Humedecer el material hasta alcanzar 60% de humedad	Manguera, higrómetro, pala o volteador	Preparar condiciones óptimas para compostaje
Construcción de filas de descomposición	Formar pilas con baja densidad y buena aireación	Pala cargadora, marcadores	Evitar compactación y favorecer oxigenación
Introducción de lombrices	Colocar lombrices rojas californianas en las pilas	Contenedores, herramientas de jardinería	Acelerar descomposición biológica
Mezclado antes de fase termofílica	Homogeneizar material y retirar lombrices antes de alta temperatura	Volteador, rastrillo, manguera, contenedores	Preparar para fase activa sin dañar lombrices
Mezclado después de fase termofílica	Reintegrar lombrices y mantener humedad adecuada	Volteador, manguera, contenedores	Favorecer maduración y actividad biológica final

El proceso involucra desde la preparación inicial del material hasta la fase de maduración, incorporando controles de humedad, aireación y bioconversión mediante lombrices. Esta sistematización no solo mejora la calidad del compost, sino que también reduce impactos negativos como olores, gases y lixiviados, beneficiando tanto al entorno como a los trabajadores.

4.5. ENSAYOS CONTROLADOS DE COMPOSTAJE COMPARATIVO

Se presentan los resultados de la implementación de una fila de composición de prueba, con los procedimientos principales del plan de manejo propuesto para la planta de compostaje de San Jerónimo, donde se mejoran los rendimientos y se controlan los impactos ambientales. Se utiliza para comparar los resultados, una fila de descomposición donde se realizan las actividades normales de la planta. Se realizó la prueba durante 10 semanas, se presenta inicialmente las mediciones de las temperaturas.

Tabla 10: Fila de prueba, medición de temperatura

Semanas	Mediciones de Temperatura (°C)				Fase
	Lun	Mier	Vier	Prom	
1	16,30	22,50	29,10	22,63	Mesófila
2	39,50	52,20	57,60	49,77	Termófila
3	64,30	67,10	72,90	68,10	Termófila
4	71,40	64,30	60,10	65,27	Termófila
5	59,30	54,20	51,60	55,03	Enfriamiento
6	48,20	44,60	41,00	44,60	Enfriamiento
7	36,70	34,00	31,60	34,10	Maduración
8	30,20	29,60	28,40	29,40	Maduración
9	26,30	24,70	23,30	24,77	Maduración
10	23,10	22,80	22,50	22,80	Maduración

Para identificar mejor el comportamiento de los parámetros que se deben controlar en los procesos de descomposición en la fila de prueba, se realizaron mediciones los lunes, martes y miércoles, colocándose el promedio en la semana.

Tabla 11: Fila patrón, medición de temperatura

Semanas	Temperatura (°C)	Fase
1	18,30	Mesófila
2	21,70	Mesófila
3	23,20	Termófila
4	25,90	Termófila
5	28,10	Termófila
6	36,80	Termófila
7	44,10	Enfriamiento
8	33,60	Enfriamiento
9	24,10	Maduración
10	23,60	Maduración

Las mediciones en la fila que se tomó como patrón se realizaron una vez a la semana, en la fila de descomposición, en el tramo central.

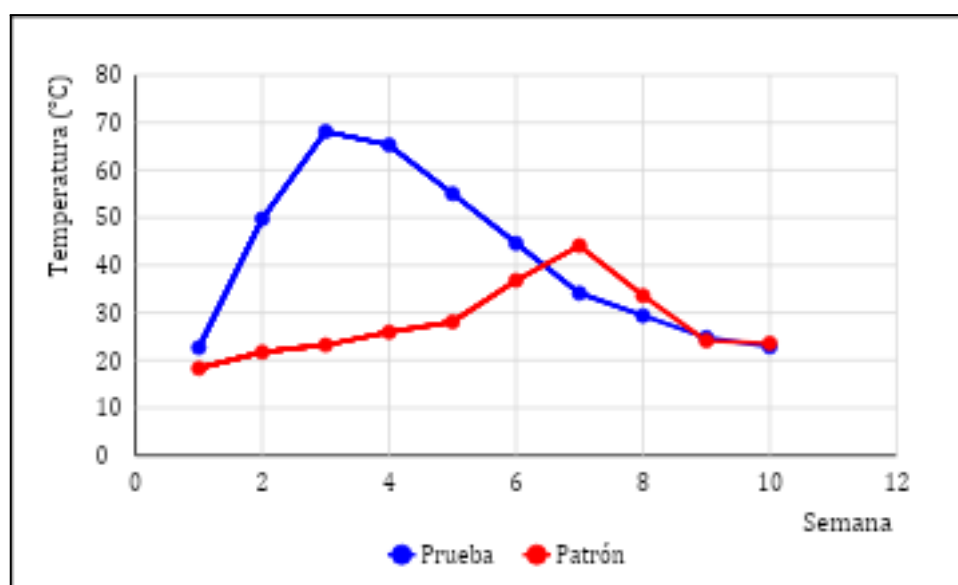


Figura 17: Comparación, mediciones de Temperaturas.

En la Figura 17, en la fila de descomposición de prueba se puede identificar un inicio

acelerado de la temperatura en las 3 primeras semanas, de acuerdo a esto la primera fase mesofílica es de menos de dos semanas, entre 8 a 10 días. La fase termofílica llegó hasta la semana 6, y a partir de aquí se generan las fases de enfriamiento y de maduración (la temperatura llegó hasta los 72,9°C). En la fila patrón, la fase termofílica comenzó en la semana 5 hasta la semana 9, y la temperatura no superó los 50°C.

Tabla 12: Fila de prueba, ensayo de humedad

	Ensayos de Humedad (%)				Fase
	Lun	Mier	Vier	Prom	
1	62,00	62,00	60,00	61,33	Mesófila
2	60,00	59,00	59,00	59,33	Termófila
3	59,00	58,00	57,00	58,00	Termófila
4	56,00	55,00	55,00	55,33	Termófila
5	54,00	53,00	53,00	53,33	Enfriamiento
6	52,00	51,00	49,00	50,67	Enfriamiento
7	49,00	47,00	47,00	47,67	Maduración
8	47,00	47,00	46,00	46,67	Maduración
9	46,00	45,00	45,00	45,33	Maduración
10	44,00	42,00	42,00	42,67	Maduración

Para la medición de las humedades se tomaron en el tramo central, a una profundidad de 20 cm, colocándose en bolsa plástica transparente, las mediciones se realizaron en una balanza de 0,1 gramos. La etapa delicada del proceso lo constituyó el secado de la muestra, ya que resulta difícil identificar cuando se tiene el material seco y cuando se ha comenzado a evaporar el agua interna de la materia orgánica, se procedió a aceptar el juicio del laboratorista. En consecuencia, dada la incertidumbre, la humedad se redondearon a 1%.

Tabla 13: Fila patrón, ensayo de humedad

Semanas	Humedad (%)	Fase
1	40,20	Mesófila
2	36,30	Mesófila
3	29,80	Termófila
4	21,10	Termófila
5	29,30	Termófila
6	38,00	Termófila
7	45,40	Enfriamiento
8	33,00	Enfriamiento
9	23,30	Maduración
10	20,70	Maduración

En el caso de la fila patrón, se asumieron correctamente los valores semanales presentados por el laboratorio.

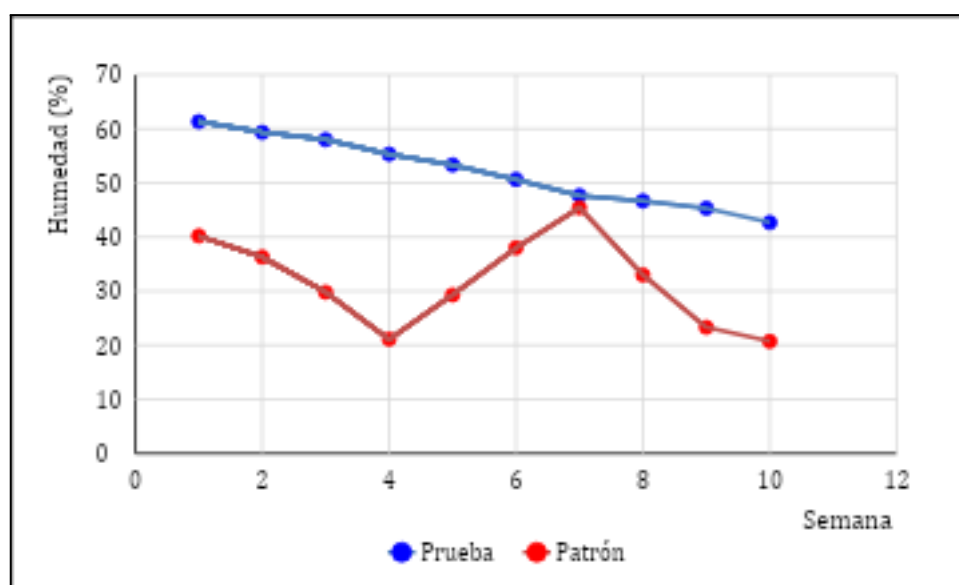


Figura 18: Comparación, ensayos de humedad

En la Figura 18, la variación continua de la fila de prueba se debe al rocío de agua

realizado semanalmente, variando la humedad desde 60% hasta un 42% aproximadamente, en la décima semana, de acuerdo a lo conversado con el técnico del laboratorio, la planta requiere que el compost a su salida no presente tanta humedad. En cuanto a las humedades de la fila patrón, podemos indicar que el riego de material prácticamente no se realiza, la caída inicial de la humedad se debe tanto al proceso de descomposición como al secado superficial por el viento y sol. Posteriormente al comenzar la fase termofílica, se un incremento de la lixiviación, e irrigación superficial por parte de los trabajadores, el olor de esta fila es fuerte, y se siente la presencia de gas metano, terminado esta etapa la disminución de la humedad fue gradual pero con mayor inclinación que la fila de prueba.

Tabla 14: Fila de prueba, ensayo de pH

Semanas	Ensayos de pH				Fase
	Lun	Mier	Vier	Prom	
1	5,40	5,50	5,70	5,53	Mesófila
2	6,20	6,70	7,00	6,63	Termófila
3	7,30	7,70	8,00	7,67	Termófila
4	8,20	8,30	8,40	8,30	Termófila
5	8,40	8,50	8,40	8,43	Enfriamiento
6	8,40	8,40	8,30	8,37	Enfriamiento
7	8,30	8,20	8,20	8,23	Maduración
8	8,20	8,10	8,10	8,13	Maduración
9	8,10	8,00	8,00	8,03	Maduración
10	8,00	7,90	7,90	7,93	Maduración

En cuanto al potencial de hidrógeno, pH, la materia orgánica original es ácida, esto es debido a los jugos de frutas, verduras y plantas. El pH comienza a subir hasta estar un poco alcalino, y después tiende a la neutralidad.

Tabla 15: Fila patrón, ensayo de pH.

Semanas	pH	Fase
1	7,90	Mesófila
2	8,10	Mesófila
3	8,30	Termófila
4	8,40	Termófila
5	8,50	Termófila
6	8,60	Termófila
7	8,40	Enfriamiento
8	8,30	Enfriamiento
9	8,20	Maduración
10	8,20	Maduración

En el caso de la fila patrón, su comportamiento es muy parecido al de la fila de prueba, aunque su valor inicial está en el rango alcalino.

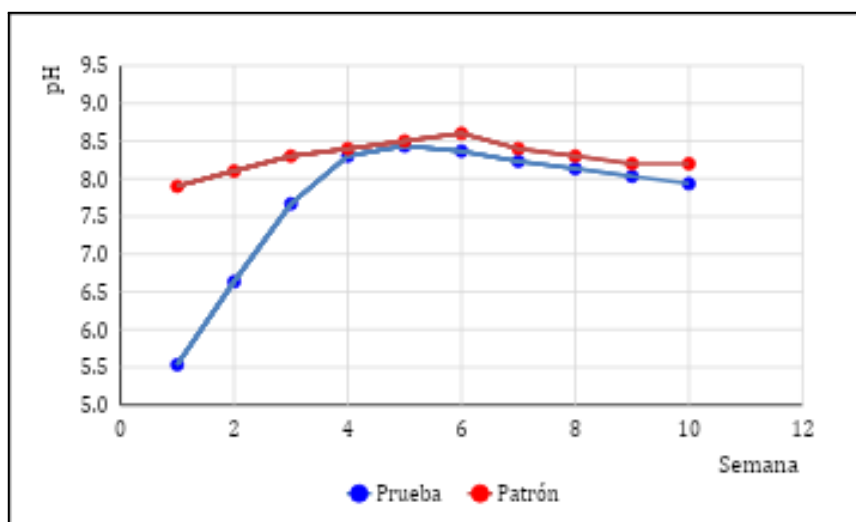


Figura 19: Comparación, ensayos de pH.

En la Figura 19, la fila de prueba comienza en un rango más ácido, esto se debe al proceso de trituración, mezclado, tamizado y humedecimiento inicial, ya que se desprende los jugos de la materia orgánica, y las lombrices no han comenzado su

proceso de descomposición.

4.6. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.6.1. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

H1:O. La situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo es deficiente e impacta negativamente a la comunidad de Kayra.

H1:A. La situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo no es deficiente y no impacta negativamente a la comunidad de Kayra.

En cuanto a la eficiencia de la planta de compostaje, se ha podido comprobar que no es eficiente en cuanto la conversión de la materia orgánica de desecho a compost, esto se puede observar en las variaciones desordenadas de las mediciones de humedad, temperatura y pH. Que como se mencionó en su debido momento están fuera de los rangos promedios recomendados. Por otra parte, en las diferentes fotos de las instalaciones se observa la falta de homogeneidad del material en las filas de descomposición, y el inadecuado drenaje de los lixiviados.

Se ha identificado, impactos negativos por fuertes olores que llegan a más de 1 kms de la planta, afectando las poblaciones vecinas. En las diferentes visitas a la planta, se observa el fuerte olor a metano.

En vista de lo anterior la hipótesis nula, **H1:A** es falsa. Por lo cual la hipótesis original es verdadera.

4.6.2. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

H2:O. La calidad del compost producido en la planta de compostaje de San Jerónimo en la comunidad de Kayra-Cusco es baja.

H2:A. La calidad del compost producido en la planta de compostaje de San Jerónimo en la comunidad de Kayra-Cusco **no es** baja.

Se presentan descomposición heterogénea en las filas y acopios, se evidencio temperaturas considerablemente diferentes en una misma fila de descomposición, temperaturas y humedades por debajo de lo normal. En consecuencia, los procesos biológicos y químicos son lenta, y por ende bajo se rendimiento. En cuanto a la calidad

del compost es muy variable. No se lleva el control estadístico de los valores de minerales y micronutrientes. En vista de los anterior, la hipótesis nula **H2:A**, es falsa y por ende valedera la original.

4.6.3. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

H3:O. Los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos mejorarán significativamente el desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.

H3:A. Los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos **no mejorarán** significativamente el desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.

Como se indicó anteriormente, los factores para controlar la emisión de gases y malos olores, están orientados a mejorar los factores externos que mejoran los procesos de descomposición biológica y química. Lográndose una mejora en las condiciones ambientales y rendimientos en el proceso de compostaje. En este sentido, la hipótesis alternativa **H3:A** es falsa, y por ende la original es verdadera.

4.6.4. COMPROBACIÓN HIPÓTESIS GENERAL

HG:O. La implementación del plan de manejo ambiental disminuirá significativamente el impacto ambiental de la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo - comunidad Kayra-Cusco, 2024.

HG:A. La implementación del plan de manejo ambiental **no disminuirá** significativamente el impacto ambiental de la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo - comunidad Kayra-Cusco, 2024.

En el aparte donde se compara los procedimientos de manejos propuestos (fila de prueba) y los procedimientos establecidos por la planta (fila patrón), además de indicarse que el proceso de descomposición de la materia orgánica es más acelerado que en la fila patrón, Se observó que el olor en la fila de prueba, es muy inferior que en al de la fila patrón esto se debe a que siempre se está en un proceso aeróbico, no se detectó desprendimiento de gases.

En este sentido, al presentarse una prueba donde con los procedimientos propuestos se disminuyen los efectos ambientales, la hipótesis alternativa es falsa, y por ende se acepta la Hipótesis nula.

4.7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivo 1: Diagnosticar el funcionamiento de la planta

La investigación permitió evidenciar problemas operacionales significativos, como la generación de olores fuertes, mezcla de materiales en distintas fases y falta de ensayos de calidad. Esta situación coincide con los antecedentes locales de Huamaní y Gutiérrez (2022), quienes destacaron la ausencia de control en variables clave como la temperatura y aireación. Asimismo, Quispe y Mamani (2021) señalaron que una gestión deficiente contribuye a la contaminación ambiental, lo cual también se reflejó en este diagnóstico. El estudio reafirma que, sin un funcionamiento técnico adecuado, la planta no puede cumplir su rol ambiental ni comunitario.

Objetivo 2: Evaluar la calidad del compost

Los resultados mostraron un compost inconsistente y sin certificación, lo que impide su aprovechamiento seguro. Esta conclusión dialoga con estudios internacionales como el de Kebede et al. (2021), quienes demostraron que técnicas como pilas volteadas y vermicompostaje mejoran significativamente la calidad y reducen patógenos. Del mismo modo, en Sudáfrica, Jones y Smith (2020) recomendaron activadores de compostaje para acelerar el proceso y mejorar el producto final. A nivel nacional, Ramírez et al. (2022) evidenciaron mejoras sustanciales de calidad mediante compostaje comunitario. En todos los casos, queda claro que la calidad del compost depende directamente de prácticas técnicas precisas y monitoreadas.

Objetivo 3: Establecer controles operacionales y medidas técnicas

Se propusieron rangos técnicos sobre temperatura, humedad y oxigenación para reducir emisiones y proteger la salud del personal. Esta medida se alinea con el enfoque de Virú-Vásquez et al. (2023), quienes en Lituania integraron biochar para mejorar eficiencia y reducir GEI. A nivel nacional, el programa Clean Cities de USAID (2021) recomendó la

incorporación de economía circular y compostaje para reducir desechos sólidos y mejorar la sostenibilidad. El protocolo propuesto en San Jerónimo busca justamente convertir la planta en un modelo replicable, tal como plantean los antecedentes internacionales: pasar de una operación reactiva a una gestión integrada y proactiva.

Objetivo General: Implementar un plan de manejo ambiental

La propuesta de implementar un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje en Kayra respondió directamente a una problemática estructural y sistémica, identificada tanto en el diagnóstico como en la evaluación técnica. Este objetivo se alineó con antecedentes internacionales como los de Jones y Smith (2020), quienes destacaron que la eficiencia de compostaje requiere soluciones activas como el uso de aceleradores del proceso, y con estudios como el de Kebede et al. (2021), que demostraron que la aplicación de técnicas combinadas puede reducir los impactos ambientales. Localmente, Huamaní y Gutiérrez (2022) resaltaron la falta de controles técnicos en plantas de Cusco, lo que coincidió con las deficiencias observadas en San Jerónimo, como emisiones odoríferas, exposición del personal y calidad deficiente del compost. Así, el plan no solo se enfocó en corregir problemas inmediatos, sino en estructurar un modelo técnico, replicable y participativo para la mejora continua. Más allá de ser un protocolo operativo, se concibió como una respuesta integral que aborda la sostenibilidad ambiental, la salud ocupacional y la percepción comunitaria. Esta visión estratégica está en sintonía con iniciativas como Clean Cities, Blue Ocean (USAID, 2021), que promueven la circularidad y el compostaje como herramientas para transformar la gestión de residuos. En ese sentido, el plan de San Jerónimo tiene potencial para posicionarse como experiencia piloto, capaz de influir en políticas locales y servir como referencia para otras plantas rurales del Perú.

CONCLUSIONES

PRIMERA: En el proceso de identificación de los causantes de los bajos rendimientos y mala calidad del compost, se han identificado muchos de los factores que causan problemática en la planta de Compost de la comunidad de Kayra, El diagnóstico inicial evidenció que la planta de compostaje de Kayra presentaba deficiencias operativas como volteo irregular, control inadecuado de la humedad, ausencia de cobertura en las pilas, manejo ineficiente de lixiviados y emisiones odoríferas sin tratamiento. Asimismo, se identificó que el compost obtenido antes de la intervención no cumplía con algunos parámetros exigidos por la NTP 339.315, lo que justificó la necesidad de implementar un Plan de Manejo Ambiental para optimizar el proceso y mitigar los impactos negativos.

SEGUNDA: Debido a que la planta no dispone de los ensayos de composición de minerales y micronutrientes del compost a la venta. Se realizó una inspección del material que sale de la etapa de maduración o enfriamiento. Identificándose en un mismo acopio, materia orgánica sin descomposición, en proceso de descomposición intermedio, y compost o humus (materia descompuesta en su totalidad). En este sentido, la calidad del producto terminado es muy baja. Esta baja calidad es debido a la deficiencias y malos procedimientos, en el control de los factores que garantizan la correcta descomposición de la materia orgánica.

TERCERA: Se definieron los controles que se deben realizar en los procesos de la planta de compostaje de San Jerónimos, adicionalmente se establecieron los rangos de valores de los factores que controla la descomposición de la materia orgánica, y que adicionalmente controlan la emisión de malos olores y gases tóxicos.

CUARTA: Se elaboró un esquema por etapa de implementación para un plan de manejo

ambiental de la planta de compostaje de San Jerónimo, enfatizándose en mejorar la producción y con se indicó anteriormente controlando las emisiones de olores fuertes y de gases tóxicos, en el esquema de implementación propuesto se hizo énfasis en mejorar las condiciones ambientales de los trabajadores directos, los cuales se ven muy afectados por los gases tóxicos que se emiten.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: La principal recomendación en cuanto al mejorar el funcionamiento de la planta de compostaje, es la incorporación de la etapa de trituración y mezclado de la materia orgánica antes de ser colocada en la plataforma 01, comenzando su proceso de descomposición. Se debe incorporar, la cantidad de agua suficiente para mejorar este proceso. En segundo lugar, se debe establecer el procedimiento adecuado de disposición de la materia orgánica en las filas de descomposición, de manera de garantizar densidades inferiores a 450 kg/m³, con el propósito de obtener porosidades superiores al 30%.

SEGUNDA: La calidad del compost producido se ve afectado principalmente por la falta de control de los factores principales que intervienen en la descomposición, las mediciones y ensayos de laboratorio no se realizan sobre las filas o camellones, sino en zonas específicas que no representan los valores reales. Se deben establecer procedimientos y listas de chequeo que garanticen, el mantenimiento de la humedad, del pH, del contenido de oxígeno (porcentaje del aire contenido), de la porosidad del material (densidad del acopio en filas), y el tiempo de remezclado para restablecer los valores de aireación.

TERCERA: En la planta de San Jerónimo no se han elaborado planes de ejecución, planes de calidad o planes de manejo ambiental. Para mayor comodidad, se recomienda la elaboración de un solo plan que contenga cada una de estas disciplinas o áreas de trabajos, y que los procedimientos y controles que se establezcan y se realicen de manera integral abarcando todos estos puntos.

CUARTA: El esquema de implementación del plan de manejo ambiental propuesto, se

puede integrar con un plan de seguridad y salud laboral. Esto es debido a que las condiciones en que trabaja el personal obrero o directo, son muy precarias y peligrosas. Es recomendable incorporar la técnica de cubierta y utilización de biofiltro en todas las etapas de descomposición en la fase de Termófila, donde se generan mayores temperaturas, gases y olores.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C. A. (2017). Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca - Región Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Arvizu Fernández, J. L., Huacuz Villamar, J. M., & Saldaña Méndez, J. L. (2005). Evaluación del potencial energético de los rellenos sanitarios. AIDIS / DIRSA, 1-12.
- Bastidas, A., Mendoza, R., & Martínez, R. (2019). Procesos y técnicas de compostaje para la gestión de residuos orgánicos. Editorial Ambiental.
- Cruz, E. J., & Morales, L. F. (2022). Impactos ambientales del compostaje en áreas urbanas y rurales. Revista de Gestión Sostenible, 28(2), 123-136.
- Decreto Supremo N° 002-2020-MINAM: Política Nacional del Ambiente. (2020). Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM: Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (2017). Ministerio del Ambiente.
- Delgado, Ángel (2022). Monitoreo de la planta de compostaje en el distrito de San Jerónimo. Trabajo especial Grado. Universidad Andina de Cusco.
- Gómez, R., & Pérez, S. (2022). Prácticas de compostaje para la gestión sostenible de residuos orgánicos. Revista de Gestión Ambiental, 35(2), 45-60.
- González, M. J., & Pérez, A. (2021). La importancia de los controles operacionales en el manejo de residuos orgánicos. Gestión y Ambiente, 17(4), 45-60.
- Jiménez, M. D., Rodríguez, E. P., García, K. A., Cosgalla, C. H., & Poot, C. A. (2011). Normativas para la gestión integral de residuos en América Latina. Journal of Environmental Management, 27(3), 102-115.
- Ley N° 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (2016). Perú.
- López, S., & Díaz, V. (2020). Revisión de normativas para el compostaje en Perú. Revista de Gestión de Residuos, 12(3), 23-39.
- Martínez, J. A., & Gómez, R. (2020). Estrategias para la reducción de gases de

- efecto invernadero a través del compostaje. *Revista de Cambio Climático*, 12(1), 70-85.
- Mendoza, A., Ruiz, J., & Soto, C. (2021). Desafíos y soluciones en la gestión de residuos orgánicos en comunidades rurales. *Journal of Rural Environmental Management*, 14(4), 200-215.
- MINAM. (2020). Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM: Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2020). Decreto Supremo N° 002-2020-MINAM: Política Nacional del Ambiente. Ministerio del Ambiente.
- Municipalidad Distrital de San Jerónimo (2020). Plan de Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Gerencia de Medio Ambiente y Saneamiento. Programa de Reciclaje.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.315:2021. (2021). Compost – Requisitos. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Ortega, M., & Castillo, R. (2022). El papel de la normativa en la calidad del compost. *Journal of Environmental Standards*, 27(2), 98-110
- Pacheco, M., & Torres, A. J. (2021). Control operacional en plantas de compostaje: Implementación y mejora continua. *Revista de Ciencias Ambientales*, 20(4), 78-91.
- Ramírez, A., & Suárez, V. (2019). Desafíos en la gestión de residuos sólidos en áreas rurales de Perú. *Revista de Desarrollo Sostenible*, 16(1), 78-92.
- Ramírez, F., & Rivera, G. (2022). Evaluación de impactos ambientales en plantas de compostaje en zonas rurales. *Revista Internacional de Ingeniería Ambiental*, 15(3), 55-70.
- Rodríguez, A., & Salazar, M. (2018). Gestión de residuos orgánicos: Estrategias para la reducción de impactos ambientales. *Revista de Ecología Aplicada*, 10(1), 33-48.
- Rodríguez, A., & Salazar, M. (2018). Gestión de residuos orgánicos: Estrategias para

- la reducción de impactos ambientales. *Revista de Ecología Aplicada*, 10(1), 33-48.
- Silva, E., & Hernández, P. (2021). Aspectos técnicos y normativos del compostaje en zonas rurales. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente*, 13(4), 65-80.
- Suárez, M., & Castro, J. (2021). Metodología para el análisis de residuos orgánicos en plantas de compostaje. *Journal of Waste Management*, 18(4), 56-70.
- Torres, E., & Ortega, A. (2022). Evaluación de prácticas operativas en la planta de compostaje de San Jerónimo. *Journal of Environmental Practices*, 31(1), 55-70.
- Torres, L., & Gómez, J. (2020). Impacto de las políticas públicas en la gestión de residuos sólidos en Perú. *Revista de Políticas Ambientales*, 30(3), 89-105.
- Valencia, A., & García, L. (2022). Estudio de la calidad del compost producido en llantas rurales. *Revista de Agricultura Sostenible*, 25(2), 143-158.
- Vargas, E., & Molina, T. (2022). Controles operacionales en el proceso de compostaje: Una revisión. *Journal of Environmental Control*, 29(1).
- Zambrano, R., & Gómez, E. (2020). Evaluación de la eficacia del compostaje para la gestión de residuos en comunidades andinas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 21(1), 55-70.
- Zepeda, C., & Martínez, A. (2019). Aspectos normativos en la producción de compost en América Latina. *Journal of Environmental Policy*, 24(3), 134-148.

ANEXOS

Anexo 01: Panel Fotográfico



Desplazando el material en descomposición y aireándolo.



Preparados para la limpieza de la losa, para recibir el material del primer proceso de descomposición.



En el área de recepción donde se separan la materia orgánica más grande y se acomodan en filas.



Caney de descanso de los trabajadores, donde se realizan las reuniones del personal de campo.

Anexo 02: Matriz de consistencia

"Implementación de un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje del distrito San Jerónimo- comunidad Pícol-Cusco, 2024"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
Problema general: ¿Cómo implementar un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo-comunidad Pícol-Cusco, 2024?	Objetivo general: Implementar un plan de manejo ambiental para la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo-comunidad Pícol-Cusco, 2024.	Hipótesis general: Un plan de manejo ambiental disminuirá significativamente el impacto ambiental de la planta de compostaje del distrito de San Jerónimo-comunidad Pícol-Cusco, 2024.	Plan de manejo ambiental de compostaje.	Superficie de la planta. Manejo de los residuos orgánicos. Parámetros físico-químico del compost.
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		
¿Cuál es la situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo para identificar aspectos e impactos ambientales en la comunidad de Pícol?	Realizar diagnóstico inicial del funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo para identificar aspectos e impactos ambientales en la comunidad de Pícol.	La situación actual y funcionamiento de la planta de compostaje de San Jerónimo es deficiente e impacta negativamente a la comunidad de Pícol.		Medidas y controles
¿Cuál es la calidad del compost producido en la planta de compostaje de San	Evaluar la calidad del compost producido en la planta de compostaje de	La calidad del compost producido en la planta de compostaje de San		Estándares ambientales Procedimientos

Jerónimo en la comunidad de Pícol -Cusco?	San Jerónimo en la comunidad de Pícol-Cusco.	Jerónimo en la comunidad Pícol -Cusco es baja.
¿Cuáles son los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos necesarios, para asegurar un desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo?	Establecer los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos, para asegurar un desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.	Los controles operacionales ambientales, así como las medidas técnicas y procedimientos mejorarán significativamente el desempeño ambiental eficiente de la planta de compostaje de San Jerónimo.
		Planta de compostaje

Anexo 03: Guías de entrevista

Guías de Entrevista y Cuestionarios para Encuestas

Ítem	Pregunta/Ítem	Tipo de Respuesta
1	¿Conoce el proceso de compostaje que se realiza en la planta?	Respuesta cerrada (Sí/No)
2	¿Cómo calificaría la eficiencia del manejo de residuos orgánicos en la planta de compostaje?	Escala Likert (Baja, Media, Alta)
3	¿Cuáles son los principales problemas identificados en el proceso de compostaje?	Respuesta abierta
4	¿Ha notado alguna mejora en la calidad del compost producido en los últimos meses?	Respuesta cerrada (Sí/No)
5	¿Considera que el personal de la planta está adecuadamente capacitado para las operaciones de compostaje?	Escala Likert (Deficiente, Adecuado, Excelente)
6	¿Cuál es su percepción sobre el impacto de la planta de compostaje en la salud ambiental de la comunidad?	Escala Likert (Negativo, Neutro, Positivo)
7	¿Está dispuesto a utilizar el compost producido en la planta para fines agrícolas o domésticos?	Respuesta cerrada (Sí/No)
8	¿Qué mejoras propondría para optimizar el manejo de residuos en la planta de compostaje?	Respuesta abierta

9	¿Cree que la planta de compostaje ha contribuido a reducir los problemas de residuos en la comunidad?	Escala Likert (Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Totalmente de acuerdo)
10	¿Con qué frecuencia la comunidad participa en actividades relacionadas con el compostaje o reciclaje?	Frecuencia (Nunca, Rara vez, A veces, A menudo, Siempre)

Anexo 04: Formulario de muestreo para compost

Formulario de Muestreo para Compost

Parámetro	Método de Medición	Frecuencia de Muestreo
1. Humedad (%)	Gravimetría	Mensual
2. pH	Potenciometría	Mensual
3. Contenido de materia orgánica	Método de pérdida por ignición	Bimensual
4. Nutrientes (N, P, K)	Análisis químico de laboratorio	Trimestral
5. Temperatura	Termometría	Semanal
6. Conductividad eléctrica	Medición con conductímetro	Mensual
7. Presencia de patógenos	Cultivo microbiológico	Semestral
8. Densidad aparente	Método del cilindro	Trimestral
9. Capacidad de retención de agua	Método gravimétrico	Trimestral
10. Presencia de metales	Análisis de espectrometría de	Anual

pesados (Pb, Cd, Hg)	absorción atómica	
----------------------	-------------------	--

Anexo 05: Checklist para auditoría ambiental

Checklist para Auditoría Ambiental

Aspecto Evaluado	Criterio de Evaluación	Resultado (Cumple/No Cumple)
1. Gestión de residuos	Clasificación adecuada de residuos	Cumple / No cumple
2. Uso de equipo de protección personal (EPP)	Provisión y uso correcto de EPP	Cumple / No cumple
3. Procedimientos operativos	Implementación de procedimientos estándar	Cumple / No cumple
4. Control de emisiones	Monitoreo de gases de efecto invernadero	Cumple / No cumple
5. Manejo de lixiviados	Implementación de sistemas de drenaje	Cumple / No cumple
6. Capacitación del personal	Programas regulares de capacitación y formación	Cumple / No cumple
7. Condiciones de almacenamiento	Almacenamiento adecuado de residuos orgánicos	Cumple / No cumple

8. Seguridad en el área de trabajo	Señalización y medidas de seguridad implementadas	Cumple / No cumple
9. Control de plagas	Medidas implementadas para el control de insectos y roedores	Cumple / No cumple
10. Evaluación de impactos ambientales	Análisis y mitigación de impactos negativos identificados	Cumple / No cumple

Anexo 06: Cronograma de actividades

Cronograma de actividades		MES AÑO 2024- 2025											
N°		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR						
1	Formulación y planteamiento	x	x	x	x								
2	Determinación de objetivos e Hipótesis		x	x									
3	Presentación y aprobación del proyecto				x	x							
4	Recolección de datos y bibliografía					x	x						
5	Elaboración y revisión de capítulos					x	x						
6	Conclusiones y redacción de borrador						x	x					
7	Presentación del proyecto de tesis							x	x				
8	Corrección y sustentación de la tesis											x	x

Anexo 07: Presupuesto

N°	Descripción	Unidad de medida	Precio Unitario S/.	Cantidad	Costo total S/.
1. RECURSOS HUMANOS					
1	Ejecutor	Und.	500	1	500
2	Recolección de Datos	Und.	500	1	500
3	Asesoramiento	Und.	500	1	500
				Total	1500
2. MATERIALES DE ESCRITORIO					
4	Papel Bond A4 de 75 gr.	Millar	30	5	150
5	Lapicero	Und.	5	12	60
				Total	210
3. RECURSOS HARDWARE					
6	Ordenador Portatil Asus Core i5	Und.	1000	1	1000
7	Impresora a inyección de tinta	Und.	800	1	800
				Total	1800
4. RECURSO SOFTWARE					
8	MS Windows 10 (incluido Laptop)	Und.	0	1	0
9	Microsoft Office 2024	Und.	300	1	300
				Total	300
5. SERVICIOS					
1	Elaboración del perfil del proyecto	Und.	2000	1	2000
				Total	2000
6. OTROS					
11	Internet	Mes	120	5	600
12	Energía eléctrica	Mes	70	5	350
13	Fotocopias	Und.	0,1	1000	100
14	Movilidad	Gal.	20	25	500
				Total	1550
				Sub total	7336

7. IMPREVISTOS(10%)	
	733,6
PRESUPUESTO TOTAL	8093