



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2024-FIAS-109

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS Y VEGETALES EMPLEANDO PILAS AIREADAS PARA EL MEJORAMIENTO DE AREAS VERDES PUBLICAS DEL DISTRITO DE LOS MOLINOS. ICA. 2024”

Presentado por:

LLOCLLA ARAUJO, GERALDINE MACYORI

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 2%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20144905**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 20 de Diciembre del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION

Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

**“PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR
DE RESIDUOS ORGANICOS Y VEGETALES EMPLEANDO PILAS
AIREADAS PARA EL MEJORAMIENTO DE AREAS VERDES
PUBLICAS DEL DISTRITO DE LOS MOLINOS. ICA. 2024”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

PRESENTADO POR:

LLOCLLA ARAUJO, GERALDINE MACYORI

ICA- PERÚ

2024

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	II
RESUMEN.....	III
SUMMARY.....	IV
I. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	6
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	7
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	8
1.3. BASES TEÓRICAS.....	9
1.4. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	22
1.4.1. Problema principal	22
1.4.2. Problemas específicos.....	22
1.5. OBJETIVOS	22
1.5.1. Objetivo principal	22
1.5.2. Objetivos Específicos.....	22
1.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.6.1. Hipótesis principal	23
1.6.2. Hipótesis Específicas	23
1.7. VARIABLES	23
1.7.1. Variable independiente	23
1.7.2. Variable dependiente	23
1.7.3. Operacionalización de variables	24
1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	25
1.8.1. Justificación.....	25
1.8.2. Importancia.....	25
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	26
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	26
2.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	29
2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	29
2.2.2. Población y muestra	29
2.3. PROCEDIMIENTO DE LA METODOLOGÍA GENERAL.....	29
2.3.2. Instrumento de recolección de datos	29
2.3.3. Análisis e interpretación de datos	29
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

RESUMEN

La presente investigación titulada “Propuesta para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales empleando pilas aireadas para el mejoramiento de áreas verdes públicas del Distrito de los Molinos. Ica. 2024”, partió del siguiente problema ¿Cómo puede emplearse de manera efectiva la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales mediante el uso de pilas aireadas para contribuir al mejoramiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos, Ica, en el año 2024? tuvo como objetivo general, Emplear de manera efectiva la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales mediante el uso de pilas aireadas para contribuir al mejoramiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos, Ica, en el año 2024.

La población estará conformada por las muestras de los residuos sólidos orgánicos del distrito de los Molinos, Ica.

El método empleado en la investigación fue el tipo cuantitativo, con diseño de investigación no experimental de nivel descriptivo, que recogió la información en un periodo específico que se desarrolló al aplicar los instrumentos: como el cuestionario, el cual estuvo constituido por preguntas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos y vegetales.

El compostaje pasa a formar parte de esta gestión alternativa, en la que la integración de la comunidad es esencial, ya sea como abono de los residuos sólidos orgánicos, como consumidor del compost producido o como beneficiario de la reducción de la parte putrescible de los residuos.

El estudio se enfoca en el uso de la materia orgánica para convertirla en compost, sencillamente porque es un producto de desecho orgánico en un balance de masas.

Palabras Claves: *Elaboración de compost, residuos sólidos, residuos orgánicos, residuos vegetales, áreas verdes, mejoramiento.*

SUMMARY

The present research titled "Use of municipal solid waste for the production of compost in the District of Ica, 2023", started from the following problem: How to take advantage of municipal solid waste for the production of compost in the District of Ica, 2023? The general objective was to take advantage of municipal solid waste for the production of compost in the district of Ica, 2023.

The population will be made up of samples of organic solid waste from the Ica district.

The method used in the research was the longitudinal-descriptive type, with a descriptive experimental research design, which collected the information in a specific period that was developed by applying the instruments: Questionnaire, which was made up of questions for the use of the waste.

Solid waste ceases to be useful without adequate and responsible management, since it cannot be recycled or reused.

The reuse of solid waste in Peru has made great progress since the emergence of inclusive experiences (such as the one that in its design and implementation incorporates recycling in waste management, formalizing the inclusion of Grassroots Recyclers in management).

Keywords: Preparation of compost, solid waste, organic waste, plant waste, green areas, improvement.

I. INTRODUCCIÓN

“Los residuos son un factor clave para el medio ambiente y la salud humana a causa de la mala gestión y el mal manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos”[1].

“En nuestro país, el problema de la gestión incorrecta de los residuos sólidos se manifiesta en el manejo inadecuado de los mismos”[2].

A nivel nacional, el MINAM, señaló que en el Perú “se generaba alrededor de 7,359,240 ton/año de residuos sólidos municipales, de los cuales 5,447,332 ton/año fueron debido a los residuos sólidos domiciliarios urbanos, evidenciando un claro aumento de la generación per cápita de un 0.55 a un 0.57 kg/hab-día”[3].

“Un objetivo para los países de la Unión Europea es reducir la cantidad de residuos orgánicos que van a los vertederos en un 20% para 2010 y en un 50% para 2050”[4].

“El compostaje es un proceso con el que se permite tratar los residuos orgánicos de forma adecuada en un tiempo determinado; no obstante, en las enormes ciudades donde la producción es excesiva, existe el problema del lapso de tiempo de descomposición de la materia, es ahí donde se integran microorganismos catalizadores de la desintegración para alcanzar el compostaje”[5].

Con su uso, se reducirá en gran escala la presión sobre el medio ambiente como sustento de la actividad antrópicas; los nutrientes se reintegrarán en las fases de fertilización del suelo y se reducirá el empleo de productos agroquímicos.

“Por ello, es relevante tomar medidas para alcanzar una adecuada gestión y tratamiento de los residuos sólidos en el país, lo que implica incrementar las capacidades de gestión de los gobiernos locales, la inversión pública y privada, la participación consciente de los productores de bienes y servicios, así como de las instituciones, los municipios y la población en general”[6]

“Las zonas verdes urbanas pueden aprovechar los productos de compost debido a su capacidad para mejorar significativamente las condiciones de crecimiento de los árboles y arbustos, especialmente en suelos urbanos con escaso contenido de materia orgánica”[7].

La presente tesis propone la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales utilizando pilas aireadas como una solución innovadora para el manejo eficiente de estos desechos, la propuesta no solo busca optimizar la gestión de los residuos, sino también promover la sostenibilidad ambiental y el embellecimiento de los espacios públicos, fortaleciendo así el bienestar comunitario y la calidad de vida en el distrito de los Molinos, Ica.

1.1. Situación problemática

El compost es un recurso precioso para la silvicultura, la agricultura y la recuperación de suelos, cuya generación preserva los nutrientes presentes en el suelo al reciclar la materia orgánica y los nutrientes, conservando los nutrientes existentes en el suelo y disminuyendo el contenido de los residuos depositados en los vertederos y en los cursos de agua.

Los residuos sólidos dejan de ser útiles sin una gestión adecuada y responsable, ya que no pueden reciclarse ni reutilizarse.

El mayor impedimento para el aprovechamiento de los residuos sólidos en el Perú se debe a las cadenas de reciclaje que están absolutamente atomizadas y conformadas por personas formales en su minoría y mayormente informales sin conexión con la municipalidad o la comunidad; donde el reciclaje se dirige básicamente a la recolección de residuos sólidos inorgánicos, PET, papel, metales principalmente, haciendo a un lado los residuos sólidos orgánicos.

Este aprovechamiento conlleva directamente la reducción de los impactos ambientales y sociales producidos, sobre todo en la fase de disposición final, que es competencia de la gestión medioambiental.

“Las autoridades se enfrentan cada vez a grandes responsabilidades, ya que la producción de residuos sólidos está estrechamente relacionada con el crecimiento de las ciudades y aportar a una correcta gestión de los residuos sólidos”[8].

Entre las principales causas de contaminación y depredación de los bienes comunes se encuentran el vertido de residuos sólidos al aire libre (en avenidas, vías públicas, cauces de riego, lugares no ocupados, sitios comunes como ferias, puestos de salud y otros), ocasionando los conocidos como puntos vulnerables que conforman focos de infección, el enterramiento y quema de residuos, la ausencia de conciencia ambiental por parte de los habitantes.

Esta situación problemática destaca la necesidad de una estrategia integral para la gestión de residuos orgánicos y vegetales en el Distrito de los Molinos. La falta de un sistema adecuado para la valorización de estos residuos no solo contribuye a la degradación ambiental, sino que también limita el potencial de mejorar las áreas verdes públicas. Por tanto, la presente tesis busca investigar la viabilidad y los beneficios de la elaboración de compost utilizando pilas aireadas, como una solución para mejorar la gestión de residuos y la calidad de las áreas verdes en el distrito.

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedentes internacionales

Saeba et al., en su estudio sobre “El uso del compost en áreas verdes urbanas: una revisión para su aplicación práctica, aterriza en el siguiente resultado”[4].

“Los criterios generales de calidad incluyen una alta estabilidad, ausencia de olores desagradables, bajo o moderado contenido de sal, y la falta de sustancias o partículas contaminantes que puedan inhibir la germinación y el crecimiento de las plantas”[4], “Las exigencias específicas de calidad del compost deben estar relacionadas con su contenido de nutrientes y el tamaño de las partículas. No existe un compost perfecto, sino varios tipos, cada uno adaptado a un propósito específico del sitio”[4].

Gallego et al., En su estudio de investigación “Formulación de una propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una gestión ambiental sostenible teniendo como resultado, que”[9]

“Hay evidencias de descuido por las entidades de gobierno y empresas particulares del municipio, lo que se traduce en la actual infraestructura dañada de la plaza de mercado, así como en la falta de seguimiento y formación, lo que deja una evidente situación de fragilidad de la ciudadanía”[9], “La solución más eficaz y viable para aprovechar los RSO era el vermicompostaje”[9].

Álvarez en su tema de investigación sobre “Comportamiento agronómico del haba en suelos mejorados con diferentes niveles de compost elaborado a partir de desechos sólidos urbanos en Cota Cota aterriza en el siguiente resultado”[10].

“La incorporación de distintos grados de compost al terreno aumentó la porosidad y redujo la masa volúmica, lo que mejoró la composición y la consistencia del suelo no utilizado”[10], “El uso de distintos extractos de compost mejoró consecuentemente el suelo no cultivado en términos de composición de sustancia orgánica, así como de nitrógeno, fósforo y potasio”[10].

1.2.2. Antecedentes nacionales

Cabrera et al., en su estudio de investigación sobre “Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores, tuvo como conclusión”[11].

“Esta propuesta piloto incluye la clasificación y pretratamiento de los desechos, la comparativa de las diferentes formas de procesarlos y el seguimiento y control de los indicadores obtenidos en el procedimiento de compostaje”[11], “Con los datos arrojados, se demostró que el compost generado puede ser clasificado como clase B de acuerdo a la normativa chilena (NCh2880.Of2004). Se comprobó la factibilidad económica y técnicamente de la obtención del abono orgánico, evitándose el envío de 230 Mg de desechos por mes al vertedero, lo que permitió un ahorro en valores actuales de S/. 5,106.22 Nuevos Soles al aplicar la actual propuesta de manejo”[11].

Soria en su estudio de investigación sobre “Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en municipalidades distritales el aterriza en el siguiente resultado, que”[12].

“El control constante y efectivo de los indicadores técnicos de T, Hu y pH en todas las fases del tratamiento propuesto con una MO total de ingreso constituida por 67% de RO, que no causa propagación de plagas ni generan olor molestos”[12], “Al aplicar y comenzar a operar una planta de compostaje con el esquema de elaboración planteado, se podrá producir 1,308 kg de fertilizante natural por día”[12].

Ayala et al., en su estudio de investigación sobre “Desarrollo de un modelo de negocio de compostaje de residuos sólidos orgánicos para la comercialización de abono orgánico tuvo como conclusión”[13].

“Green Compost fomenta la economía circular de los desechos orgánicos: iniciando la producción de residuos, la reutilización a través del compostaje y la utilización en la industria agrícola como fertilizante orgánico”[13].

Antecedentes locales

La bibliografía relacionada con el tema ha sido revisada y no se ha encontrado ninguna búsqueda con respecto a él.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Manejo de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes

Los desechos procedentes del servicio de limpieza de zonas verdes públicas son los desechos verdes procedentes del cortado de césped, la tala de árboles, las áreas verdes, los huertos, las bermas centralizadas, las bermas adyacentes y los parques. Por lo general, estos restos son recogidos por el ente público diariamente o de acuerdo con el plan de conservación y servicio de las zonas verdes municipales.

1.3.2. Compost

El compost “es un fertilizante biológico procedente de la conversión de una combinación de restos orgánicos de origen animal y vegetal que se han degradado en circunstancias reguladas”[14].

Según el *Ministerio de Desarrollo e inclusión Social* el compost “es la sustancia orgánica producida por la interacción de los microbios con determinados desechos orgánicos para producir compost, un producto muy útil en los suelos agrarios”[15].

Uribe indica que “la calidad del compost final se debe a diversos factores que influyen en el desarrollo de fermentación y maduración, como la temperatura, la humedad, la proporción carbono-nitrógeno, la existencia de oxígeno, el pH, etc”[16].

“El compostaje de residuos orgánicos es una técnica muy difundida y de fácil utilización que facilita el tratamiento racional, económico y seguro de distintos residuos orgánicos, utilizándolos en la agricultura y los jardines”[17].

1.3.3. Propiedades del compost

El compost “tiene una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas que se describen a continuación”[18].

❖ Físicas.

“Aumenta la porosidad del suelo, incrementando su capacidad de retención de agua”[18].

“Reduce la erosión del suelo y eleva su estabilidad”

“Aumenta la permeabilidad del suelo, especialmente de los suelos arcillosos, al tiempo que transforma los suelos arenosos en suelos más absorbentes”[18].

❖ **Químicas**

“Aporta una gran carga de macro y micronutrientes a la planta, entre los que se encuentran el nitrógeno, el fósforo, el potasio (N, P, K), así como el hierro y el azufre”[18].

“Establece la interacción del suelo, al regular el pH y aumentar su nivel de amortiguación”[18].

“Dada su gran facilidad de absorción, inactiva los residuos de plaguicidas”[18].

❖ **Biológicas**

“Favorece la vida del suelo, fomentando la actividad microbiológica”[18].

“Favorece la germinación de las semillas”

“Permanece más tiempo en el suelo debido a que la materia orgánica se descompone gradualmente”[18].

1.3.4. Tipos de compost

Navarro[19] señala que dependiendo del estado de descomposición del compost, se puede emplear a diferentes tipos de terreno y cultivos.

❖ **Compost Maduro** “Es un compost altamente alterado que se puede utilizar en todo modelo de cultivos. Se utiliza para cultivos que no soportan sustancia orgánica fresca o de difícil descomposición. Sin embargo, su poder fertilizante es mejor que el del abono joven”[19].

❖ **Compost Joven.** “Es un abono con un periodo de descomposición corto y se utiliza para fertilizar cultivos, fundamentalmente plantas que toleran bien este abono”[19].

1.3.5. Beneficios del compost

Para *E. Castells* “el compost es relevante ya que:

- Aumenta la producción en términos de calidad y cantidad de la cosecha.
- Disminuye las emisiones de CO₂ porque la aplicación de compost en el suelo provoca la absorción de carbono en el mismo[20].
- Sustituye el uso de fertilizantes químicos, lo que beneficia a las aguas subterráneas y al suelo[20].

1.3.6. Fases de compostaje

El compostaje “es un proceso biológico que tiene lugar en circunstancias aeróbicas (existencia de oxígeno), con humedad y temperatura apropiadas, garantizando una conversión saludable de los residuos biológicos en un compuesto uniforme que puede ser absorbido por las plantas”[21].

“Es factible identificar el compostaje como la acumulación de diversos microorganismos que, en existencia de oxígeno, utilizan el nitrógeno (N) y el carbono (C) existentes para producir su propia biomasa. En este procedimiento, los microorganismos también producen calor y un material sólido, con menor cantidad de C y N, pero más resistente, que recibe el nombre de abono orgánico”[21].

“Al descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la sustancia biológica de partida, los agentes microbianos liberan un calor mensurable debido a los cambios de temperatura que se producen con el paso del tiempo. En función de la temperatura producida en el proceso, existen tres etapas esenciales en el compostaje, a parte de una etapa de maduración de duración variada”[21], se clasifican en:

Fase mesófila inicial

La fase mesófila inicial “es la fase más vital del compostaje, en la que la temperatura aumenta con rapidez (de 10 a 40 °C), el pH se modifica en gran medida y se descomponen los elementos más sencillos de la materia orgánica, al principio, los sustratos están a temperatura de la atmósfera y entran en acción las bacterias y hongos mesófilos y Termotolerantes, que aprovechan enseguida las materias carbonosas fácilmente degradables y solventes (azúcares y aminoácidos), provocando una reducción del pH, como resultado de la formación de ácidos orgánicos”[21].

“Las bacterias con mecanismos de oxidación y fermentación logran los valores más altos en esta fase, especialmente las bacterias Gram negativas y las que producen ácido láctico, que aumentan rápidamente a costa de los componentes de fácil degradación, la acción metabólica de los agentes microbianos en esta fase conduce a un ascenso acelerado de la temperatura, lo que provoca la transformación de la microbiota mesófila en termófila cuando se logran entre 42 y 45 °C, con lo que se inicia la fase termófila”[21].

Fase termófila

En la fase termófila “Los microorganismos termotolerantes y termófilos como los actinomicetos, distintos termófilos y bacterias gram negativas como *Thermus* e *Hydrogenobacter* proliferan exclusivamente, los microorganismos no termotolerantes, incluidos los patógenos y los parásitos, se inhiben dentro de esta fase, los hongos y las levaduras se reducen significativamente desde el comienzo de la fase termófila y se eliminan por completo a partir de los 60°C”[21].

“En las fases iniciales de esta fase, la microbiota mesófila se ve atenuada por la temperatura, en tanto que las comunidades de bacterias termófilas no están bien desarrolladas porque aún no han alcanzado su intervalo de temperatura ideal, Por lo tanto, se produce una ligera ralentización en el incremento de la temperatura con relación al aumento de la fase inicial una vez que los microorganismos termófilos logran un cierto número, el ritmo de aumento de la temperatura se recupera”[21].

“Al comienzo de la fase termófila, cuando se han eliminado los nutrientes fácilmente asimilables, empiezan a llegar a dominar los actinomicetos, en particular los estreptomicetos que, junto con algunos *Bacillus*, empiezan a metabolizar las proteínas, aumentando la liberación de amoníaco con la consiguiente alcalinización, como resultado de la descomposición de estos polímeros, se desprenden otras materias sencillas monoméricas que podrán ser aprovechadas por otros organismos, por lo que la acción microbiana continúa con intensidad y la temperatura aumenta hasta sobrepasar los 60°C, en esta etapa, los índices de descomposición son bastante altos en comparación con los de la fase precedente”[21].

“Las bacterias más frecuentes entre 50 y 60 °C son esporulantes como *Bacillus* y actinomicetos termotolerantes y termófilos, a temperaturas por encima de 60°C, la descomposición es llevada a cabo únicamente por bacterias termófilas, las bacterias no esporulantes *Hydrogenobacter* y *Thermus* predominan en valores de temperatura de 70 a 82°C, estas bacterias favorecen un mayor aumento de la diversidad biológica cuando la temperatura sube a 66-70 °C, si bien la intensidad de la acción microbiana disminuye sensiblemente a esta temperatura”[21].

“Por encima de los 60°C, el calor en sí mismo inhibe a los microorganismos, pero actúa asimismo al limitar el suministro de oxígeno (la solubilidad del oxígeno en el agua es menor a temperaturas más altas), esto ocasiona una reducción de la actividad microbiana y, como una consecuencia, un descenso de la temperatura, la tercera fase,

o fase de enfriamiento, comienza cuando la temperatura es alta y la fuente de carbono directamente disponible se convierte en un factor limitante”[21].

Etapa de enfriamiento y maduración

Las etapas de enfriamiento y maduración finales “se caracterizan por el aumento de una nueva comunidad mesófila, distinta a la de la fase mesófila inicial”[22].

“Estos organismos recogen el producto del medio que lo rodea, de los márgenes de la pila o provienen de la proliferación de esporas que han resistido a la fase termófila, A pesar de que las bacterias mesófilas se presentan en bajo número en estas fases, su variedad es mayor que en las fases precedentes y muestran nuevas actividades relevantes para la maduración del compost, estas bacterias no sólo intervienen en la fermentación de la sustancia orgánica, sino además en la degradación del hidrógeno, el amonio, el nitrito y los sulfuros, la formación de nitrógeno, la disminución del sulfato, la formación de exopolisacáridos y la obtención de nitrito a base de amonio en un régimen heterótrofo”[22].

1.3.7. Características físico-química del compost

factores físico-químicos más relevantes son:

Temperatura: “La temperatura es un parámetro relevante dentro de todo el desarrollo de descomposición de la materia orgánica, ya que va variando paulatinamente a lo largo de las diferentes fases, desde calor ambiente hasta los 60-70 °C después disminuye y estabiliza”[23].

Humedad: “La humedad de todo el desarrollo de compostaje debe rondar el 30-40%, ya que, si supera el valor especificado, el líquido existente en la pila invadirá todos los poros y el procedimiento se volvería anaeróbico, es decir, la sustancia orgánica debe fermentar y causar la putrefacción. Por otro lado, si la humedad es demasiado baja, la acción microbiana se reducirá y el proceso se ralentizará”[23].

Ventilación: “La ventilación debe entenderse como fundamental cuando el procedimiento de compostaje es aeróbico, por lo que debe controlar continuamente”[23].

Relación Carbono / Nitrógeno (C/N): “La relación carbono-nitrógeno da estructura a la sustancia orgánica, por lo que es preciso tener una relación balanceada entre dos elementos para obtener un compost de importancia. En teoría una condición

adecuada debe estar entre 25 - 35, no obstante, esta relación varía dependiendo de las materias primas utilizadas para elaborar el compost”[23].

pH: “El pH se mantiene en una categoría de alrededor ≤ 6 entre los principales días de compostaje, luego aumenta llegando a niveles más altos incluso 8,5 a causa de la acción de los organismos existentes en el compost”[23].

“El pH básico es ácido, dentro de 6 y 7, tiende a residir en la categoría de 6,5 - 8,5 del compost maduro”[23].

Tiempo de compostación: “El lapso de compostaje oscila en función de los factores señalados antes, habitualmente el compost se puede emplear cuando el material tiene un tinte más sombrío, es decir, 4 meses desde el principio del procedimiento de compostaje. También tiene un aroma grato y una textura suave”[23].

Parámetros del compostaje: “Los parámetros se seleccionan en relación con el periodo, la etapa y el carácter de compost, puede ser adulto o joven”[23].

1.3.8. Factores que influyen en el proceso de compostaje

Hay varios factores que afectan positiva o negativamente dentro del proceso de compostaje, estos factores pueden ser microbiológicos, los cuales se describen a continuación:[24].

Hongos

“Son aquellas levaduras y hongos filamentosos que suelen crecer en forma de colonias grises o blancas con aspecto peludo en la superficie de la pila de compost, se dedican a descomponer polímeros complejos como celulosa, pectinas, hemicelulosas, entre otros, en función de lo que se añade al compost”[24].

Bacterias

“Las bacterias constituyen entre el 80% y el 90% de los microorganismos existentes en el proceso de compostaje”[24].

“Entre ellas podemos incluir al principio a Celullomonas, Pseudomonas, Bacterias del género Thermus, Bacillus y son a su vez las encargadas de producir calor en la fase termófila y descomponer grandes cantidades de materia orgánica con la ayuda de enzimas para romperlas químicamente”[24].

Factores Microbiológicos

“Se trata del conjunto de microorganismos que se desarrollan dentro del proceso de compostaje, estos pueden ser provechosos o perjudiciales para el proceso, dentro de los microorganismos se hallan los que proporcionan un compost de calidad porque tienden en presencia de oxígeno a transformar la materia orgánica, así como los que están presentes durante la fase de higienización al eliminar los patógenos durante el proceso”[24].

“Los microorganismos nocivos son aquellos que están asociados a la generación de patógenos y malos olores dentro del proceso de compostaje”[24].

1.3.9. Abono orgánico

Mendoza lo define “son aquellos desechos orgánicos que suelen degradarse después de algún lapso de tiempo, fertilizan el suelo y aportan los abonos vitales para que las especies vegetales se desarrollen y prosperen de forma adecuada, dentro de los primordiales abonos orgánicos se destacan el estiércol, el compost, el biol, los fertilizantes verdes, entre otros”[25].

1.3.10. Generador

“Persona física o jurídica que genera residuos como resultado de sus actividades, ya sea como fabricante, importador, distribuidor, comerciante o usuario también se considera generador al poseedor de residuos peligrosos, cuando no se puede identificar al generador real, y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recogida”[26].

1.3.11. Tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos

“Se conoce como tratamiento de residuos a los diferentes procesos o métodos con el fin de convertir el carácter físico, químico o biológico de un residuo orgánico, para transformarlo en un elemento inerte, para que pueda ser manejado con mayor seguridad, sin causar daños al ambiente”[27].

Por lo tanto, “Las principales tecnologías de tratamiento de desechos son las siguientes”[28].

Vermi-compostaje: “Es un método parecido al compostaje, pero en esta técnica se añaden lombrices de tierra, especialmente las del género *Eisenia Foetida*, que a partir de sus conductos digestores, transforman conjuntamente con la existencia de otros

organismos microbianos la materia orgánica para obtener vermi-compost o también llamado humus”[28].

Compost: “El compost es un tipo de abono orgánico obtenido a través de la fermentación de materias biodegradables en existencia de oxígeno, hongos, bacterias y diferentes microorganismos en condiciones adecuadas de aireación, temperatura y humedad”[28].

Biogás: “El biogás es un elemento combustible que procede de la biomasa de diferentes tipos de residuos, que puede ser de origen orgánico, animal o vegetal. El gas conseguido se utiliza como combustible para generar energía”[28].

Incineración: “La incineración es un método de tratamiento que consta de la oxidación de los elementos existentes en los desechos, en general, aquellos que favorecen la combustión, dicha oxidación se produce a partir de un incremento de la temperatura, donde generalmente se adicionan materiales que facilitan la combustión”[28].

Relleno Sanitario: “El vertedero es un tipo de técnica para tratar los residuos, para su implementación es preciso hacer uso de instrumentos de ingeniería para diseñar un área para el encierro de los mismos, la finalidad es disminuir los impactos sobre la salud y el medio ambiente haciendo que el material contaminante no escape de los límites del vertedero a través de su almacenamiento”[28].

1.3.12. Residuos solidos

Los residuos sólidos “son sustancias, desechos o derivados en estado sólido o semisólido, abandonados por su generador, se define como productor a la persona que, como resultado de sus necesidades, genera desechos sólidos, que normalmente se consideran sin valor económico y se conocen coloquialmente como basura”[29].

“Es preciso señalar que la ley también contempla dentro de esta categoría a los materiales semisólidos (como el fango, el lodo y los lodos, entre otros) y a los que se generan por fenómenos naturales como las lluvias, los derrumbes, entre otros”[29].

“La Ley General de Residuos Sólidos N°27314. “Los residuos sólidos son aquellos restos de las diferentes tareas humanas, que se consideran descartables por quien los genera”[30].

1.3.13. Residuos sólidos orgánicos

De acuerdo con *Abad*, “se distinguen por su origen biológico y se producen en grandes volúmenes, causando efectos negativos en el medio ambiente como la contaminación de la atmósfera, el suelo y el agua, a causa de su alto porcentaje de materia orgánica y elementos minerales si no se tratan adecuadamente”[31].

1.3.14. Reciclaje de residuos orgánicos

“Para reducir el deterioro del medio ambiente y proteger la salud humana, es necesario emplear abonos orgánicos como formas sustitutivas de fertilización de los cultivos, para lo cual es preciso llevar a cabo campañas de concienciación sobre la importancia del uso de los abonos orgánicos”[32].

“Es preciso formar a los agricultores y no agricultores con técnicas para producir abonos orgánicos, reduciendo así el volumen de residuos orgánicos y generando abonos de calidad a bajo coste, ya que el uso de abonos orgánicos es muy relevante para evitar la erosión del suelo, fertilizar las plantas, producción de alimentos sanos y reducir enfermedades estomago en los hombres”[32].

Al separar la materia orgánica logramos:

Conseguir aditivos orgánicos que mejoran el estado y la condición del suelo.

Disminución de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

Prevenir la contaminación de los suelos, los cursos de agua y los acuíferos.

Permitimos un mejor tratamiento de otras fracciones de residuos: envases, papel y vidrio.

Generación biogás como recurso energético renovable.

Las siguientes enmiendas orgánicas y otras pueden prepararse reciclando residuos orgánicos:

Compost: “es un proceso biológico aeróbico (con existencia de oxígeno) que, en circunstancias controladas de aireación, humedad y temperatura, convierte los residuos orgánicos susceptibles de degradación en un producto sano y estabilizado conocido como compost, que puede utilizarse como abono orgánico”[33].

“El procedimiento de compostaje simula la evolución de la sustancia orgánica en la atmósfera, homogeneizando los contenidos, reduciendo su peso y cantidad e

higienizándolos. Este proceso permite el regreso de la carga orgánica al suelo y su reintegración en los ciclos biológicos”[33].

Humus: “Se podría precisar como una materia orgánica de composición completa, muy estabilizada, procedente de la actuación final de microorganismos a partir de desechos biológicos, su estabilidad no es completa, en climas templados se mineraliza un 2% anualmente puede llegar a formar complejos con minerales arcillosos, complejos arcillo-húmicos, de gran estabilidad y que constituyen la base de la fertilidad duradera del suelo”[34].

Biol: “fuente de fitorreguladores procedentes de la degradación anaeróbica (sin la actuación del aire) de los residuos orgánicos procedentes de la filtración o decantación del biofertilizante”[35].

Bocashi: “es una expresión en japonés que indica materia biológica en fermentación. Por lo general, para la producción de bocashi, los agricultores de Japón utilizaban sustancias orgánicas como salvado de arroz, torta de soja, polvo de pescado y tierra del bosque como agentes inoculadores para los microorganismos”[36].

“Los agricultores de Japón han utilizado el bocashi como fertilizante, incrementando la variedad microbiana, favoreciendo las características físico-químicas, evitando la propagación de plagas y aportando elementos nutritivos para el crecimiento de los vegetales”[36].

Biogás: “Es un gas compuesto mayoritariamente por gas metano (55% - 65%) resultante de la descomposición anaerobia (en falta de oxígeno molecular) de la sustancia biológica, este gas recibe diversos apelativos, según el lugar donde se forme, ya que la descomposición anaerobia es muy común en los pantanos se denomina gas de humedal o gas de pantano. No obstante, no depende del lugar donde se forme, todo el biogás se genera con las propias reacciones químicas para que tenga casi la propia composición del gas”[36].

1.3.15. Clasificación de los residuos sólidos

Estos residuos se dividen en función de su origen:

- Residuos sólidos domiciliarios: “Proviene de las distintas labores de una comunidad, se presentarán en términos de manejo y se depositarán en contenedores habituales, como bolsas, envases, etc”[37].

- Residuos comerciales: “Se generan en los centros comerciales y abarcan esencialmente los envases, residuos de comida, etc”[37].
- Residuos procedentes de limpieza y de mantenimiento de zonas verdes: “Son de origen vegetal como las hojas de los árboles, las ramas, la hierba, etc., o de contenido animal como los excrementos, los animales muertos, o en general como el polvo, las cenizas, la tierra y otros”[37].
- Residuos en vía pública: “Se trata de objetos que han sido depositados en la vía pública y que por su volumen o por su composición química, requieren un transporte no convencional, incluyendo los coches o sus repuestos (neumáticos, aceites, gasolina, líquidos de frenos, baterías, etc”[37].
- Residuos Sanitarios: “Proceden de actividades de saneamiento llevadas a cabo en hospitales y laboratorios de análisis e investigación, su principal característica es la existencia de gérmenes, agentes patógenos y enfermedades que deben tratarse como desechos especiales”[37].

Residuo de ámbito municipal y no municipal según su gestión

“Los residuos municipales son de origen doméstico (residuos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales desechables, etc.); residuos comerciales (papel, envases, residuos de higiene personal, etc.); residuos urbanos (barrido de calles y carreteras, malas hierbas, etc.) y derivados de actividades que generan desechos semejantes, que deben ser eliminados en vertederos sanitarios”[38].

“En general, los desechos municipales no se consideran tóxicos ni nocivos, y tienen que ser depositados en los recipientes y cubos de basura habilitados para ello en la vía pública, el responsable de su tratamiento y gestión es el servidor municipal de recogida de residuos existe otro tipo de residuos municipales llamados residuos municipales especiales, que son de carácter tóxico y se caracterizan por su alto grado de impacto contaminante en el medio ambiente”[2].

“Este tipo de residuo debe ser arrojado en sitios específicos llamados puntos limpios”[2].

Los residuos del ámbito de gestión no municipal: “Se trata de residuos peligrosos y no peligrosos procedentes de instalaciones industriales o particulares, sin incluir los residuos asimilables a domésticos y comerciales que generan tales actividades,

estos desechos son supervisados y sancionados por los ministros o agencias de regulación correspondientes”[2].

Por su peligrosidad

Por su peligrosidad, los residuos pueden ser:

Residuo no peligroso: “Son aquellos que producen los seres humanos en todo lugar y ámbito de su acción, que no representan peligro para la salud y el medio ambiente, tales como: restos susceptibles de fermentación (materia orgánica), residuos combustibles (papel, cartón, plástico, madera, caucho, cuero, trapos, etc. y otros)”[39].

Residuo peligroso: “Los residuos sólidos vertidos por algunas industrias y empresas, que representan un problema sanitario y medioambiental”[39].

1.3.16. Riesgos relacionados al inadecuado manejo de residuos solidos

“Para entender mejor sus consecuencias sobre la salud humana, es preciso diferenciar los efectos directos de los riesgos indirectos que pueden ocasionar”[40].

- **Riesgos directos:** “Se producen por medio del acceso inmediato a los restos sólidos, en la mayoría de los casos por la mezcla de éstos con materiales peligrosos como cristales rotos, metales, jeringuillas, cuchillas de afeitar, excrementos, residuos de instalaciones sanitarias y residuos industriales”[40].
- **Riesgos indirectos:** “La más relevante es la aparición de animales, ya que son transmisores de microorganismos y, por tanto, transmisores de patologías, denominados portadores (moscas, mosquitos, ratas y cucarachas) que, junto a la alimentación, tienen en los residuos sólidos un medio propicio para su reproducción, lo que se transforma en un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades”[40].

1.3.17. Residuos según su biodegradabilidad

Residuos orgánicos

Están compuestos por “materiales procedentes de vegetales, animales y alimentos, que se degradan fácilmente y retornan al suelo, por ejemplo: frutas y verduras, restos de comida, papel, son biodegradables, es decir, tienen la posibilidad de fermentar y provocar procesos de putrefacción, a pesar de que la naturaleza puede aprovecharlos

como parte del ciclo vital natural, cuando se juntan permiten la propagación de microbios y plagas, transformándose en potenciales fuentes de contaminación del aire, del agua y del suelo”[41].

Residuos inorgánicos

Son aquellos residuos que no están compuestos por elementos orgánicos: “Están compuestos por residuos como latas, botellas, metales, plásticos y otros productos cotidianos de origen industrial, que demoran mucho tiempo en descomponerse o nunca lo hacen, por lo que se denominan no biodegradables, estos residuos no siempre son inutilizables, ya que hay diferentes formas de utilizarlos o reutilizarlos”[41].

1.3.18. Técnicas de minimización de residuos sólidos

Relleno sanitario

“Infraestructura para la eliminación sanitaria y ambientalmente correcta de los residuos sólidos por encima o por debajo del suelo, basada en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria”[42].

Reciclaje

“Técnica de reutilización de residuos sólidos que implica un proceso de transformación de los para que cumplan su finalidad inicial u otros fines con el fin de obtener materias primas, permitiendo la minimización de la generación de residuos”[43].

Segregación en la fuente

“Acción clasificar ciertos componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para su manejo especial, existe un código de colores para la eliminación de los residuos sólidos según su clasificación”[44].

Compostaje

“Dicha técnica consta de la descomposición de la sustancia orgánica por parte de organismos aerobios, el fin es obtener un residuo que mejore el suelo para la siembra, pero no es un fertilizante”[42].

1.4. Formulación de problema

1.4.1. Problema principal

¿Cómo puede emplearse de manera efectiva la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales mediante el uso de pilas aireadas para contribuir al mejoramiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos, Ica, en el año 2024?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuáles son los métodos adecuados para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales empleando pilas aireadas, considerando factores como la proporción de materiales, la frecuencia y la técnica de aireación, y la humedad?

PE2: ¿Cuál es la influencia del compost producido a través de la aeración de pilas en la salud del suelo y el desarrollo de la vegetación en los espacios verdes públicos del Distrito de Los Molinos, Ica?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo principal

Emplear de manera efectiva la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales mediante el uso de pilas aireadas para contribuir al mejoramiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos, Ica, en el año 2024.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar los métodos más adecuados para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales empleando pilas aireadas, considerando factores como la proporción de materiales, la frecuencia y la técnica de aireación y la humedad.

OE2: Delimitar la influencia del compost producido a través de la aeración de pilas en la salud del suelo y el desarrollo de la vegetación en los espacios verdes públicos del Distrito de los Molinos, Ica.

1.6. Hipótesis y variables de la investigación

1.6.1. Hipótesis principal

La propuesta de la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales mediante el uso de pilas aireadas influirá significativamente al mejoramiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos, Ica, en el año 2024.

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1: Los métodos adecuados para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales empleando pilas aireadas, considerando factores como la proporción de materiales, la frecuencia y la técnica de aireación y la humedad.

HE2: La influencia del compost producido a través de la aeración de pilas influirá significativamente en la salud del suelo y el desarrollo de la vegetación en los espacios verdes públicos del Distrito de Los Molinos, Ica.

1.7. Variables

1.7.1. Variable independiente

Compost

1.7.2. Variable dependiente

Residuos vegetales

1.7.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
VI: “Compost”	“El compost permite mejorar la composición y la estructura de los suelos, contribuye a disminuir la degradación del suelo y también favorece la filtración del agua con facilidad a través del subsuelo hasta las raíces de las plantas, es decir, nutre y fortalece los campos donde se realiza la agricultura”[45].	D_{I,1}: “Cantidad” D_{I,2}: “Calidad” D_{I,3}: “Tiempo de maduración”	“pH” “Contenido de nutrientes”	“Muestreo del compost” “Análisis de laboratorio”
VD: “Residuos vegetales”	Los desechos vegetales urbanos se generan en el cuidado de parques y jardinería pública. Forman parte de los residuos orgánicos producidos en las ciudades. Puede emplearse en la elaboración de un fertilizante natural denominado abono orgánico, utilizarse como soporte y para mejorar las características físicas, química y biológica de los suelos.	D_{D1}: “Cantidad” D_{D2}: “Tipo” D_{D3}: “Origen”	“Porcentaje de cada residuos”	“Pesaje de residuos” “Registro de residuos”

1.8. Justificación e Importancia

1.8.1. Justificación

La investigación permitirá hallar una solución eficaz a sus problemas a base de compostaje con el fin de mejorar las áreas verdes públicas en el distrito de los Molinos.

Esta investigación busca proporcionar una propuesta concreta y aplicable que pueda ser implementada por las autoridades locales y la comunidad, ofreciendo una alternativa sostenible y eficaz para el manejo de residuos y el cuidado de las áreas verdes.

Es indudable determinar que no existe cultura ambiental por parte de la población para el manejo de estos RSO, se puede observar la inexistencia de actitudes positivas para el manejo de estos RSO, que son arrojados directamente en botaderos clandestinos o en las calles y que finalmente terminan siendo depositados en los diferentes cuerpos de agua.

1.8.2. Importancia

La ejecución de este estudio posibilitará abordar y dar valor a los residuos orgánicos generados en el Distrito de Los Molinos mediante la producción de compost, el cual se empleará para enriquecer los parques y jardines de la zona.

Un punto sobresaliente es su contribución a la mejora ambiental, ya que esta medida contribuirá a reducir la cantidad de desechos orgánicos destinados a los vertederos, lo que a su vez disminuirá la contaminación del suelo, el agua y el aire. Además, el compostaje ayuda a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en los vertederos.

Los beneficios para la comunidad, como la mejora de las áreas verdes públicas con compost de calidad, crearán entornos más saludables y atractivos para el ocio y la recreación de los habitantes. Además, el uso de compost puede elevar la fertilidad y la calidad del suelo, lo que podría tener impactos positivos en la producción de alimentos en jardines comunitarios o huertos urbanos.

Por lo tanto, es de suma importancia establecer un adecuado manejo de estos residuos, ya que son perjudicial para la salud humana y el medio ambiente, por esto queremos darles una mejor gestión de residuos.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

La estrategia metodológica nos ayudará a determinar las técnicas, métodos y procedimientos para dar solución a la problemática, objetivos e hipótesis planteados en la presente investigación.

2.1. Área de estudio

“ El Distrito de los Molinos Se localiza en la provincia de Ica, es uno de los catorce distritos que forman la provincia de Ica, cuenta con una población de 6,987 habitantes (según censo INEI 2017), tiene una altitud 532 m.s.n.m.”[46].

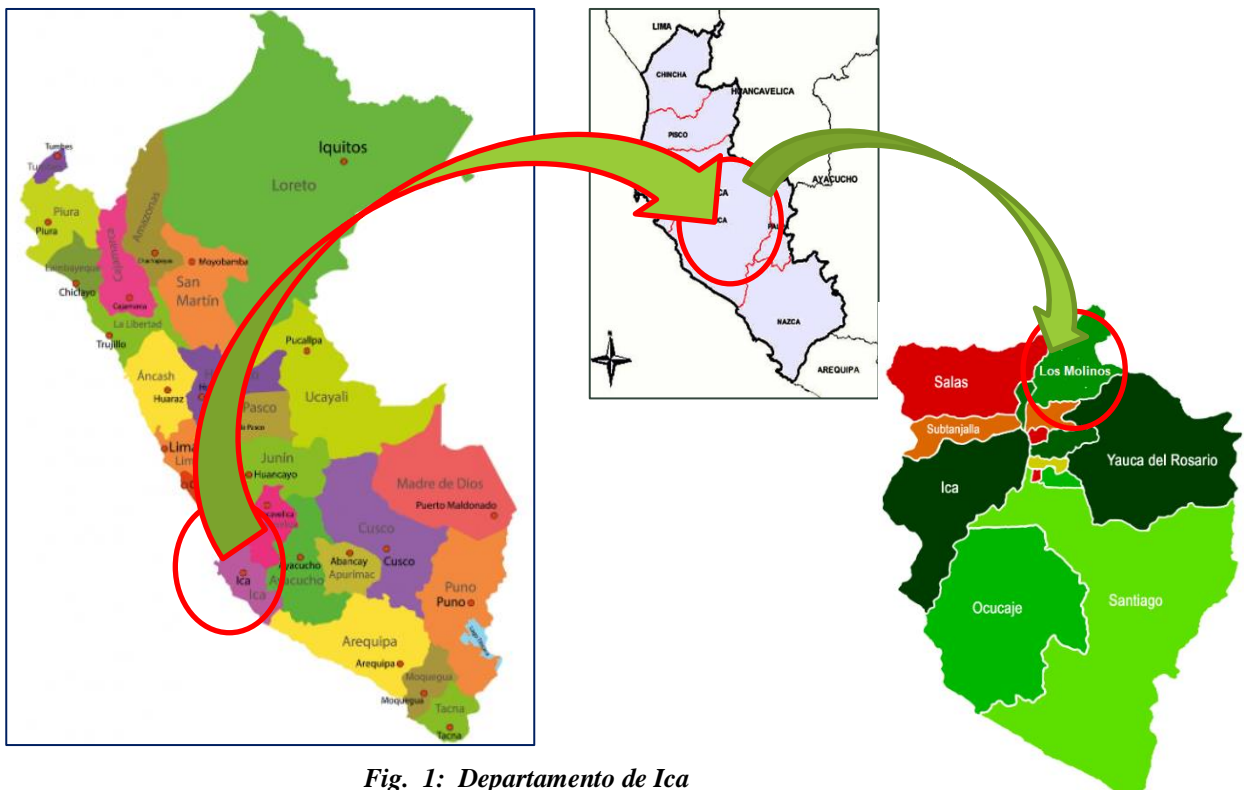


Fig. 1: Departamento de Ica

“El departamento de Ica, es uno de los veinticuatro departamentos que forman la República del Perú, ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este Huancavelica y Ayacucho, al sur Arequipa y al oeste el Océano Pacifico”[47].

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

San José de los Molinos es una localidad peruana ubicada en la región Ica, provincia de Ica, distrito de San José de los Molinos. Es asimismo capital del distrito de San José de los Molinos. Se encuentra a una altitud de m s. n. m. Tiene una población de habitantes en 1993[46].

Coordenadas  13°56'00"S 75°40'23"O

Altitud 526 m s. n. m.

Superficie 363.2 km²

Población (2017) 6987 hab.

Densidad 19,24 hab./km²

Fig. 2: Distrito de los Molinos



Fig. 3: Distrito de los Molinos

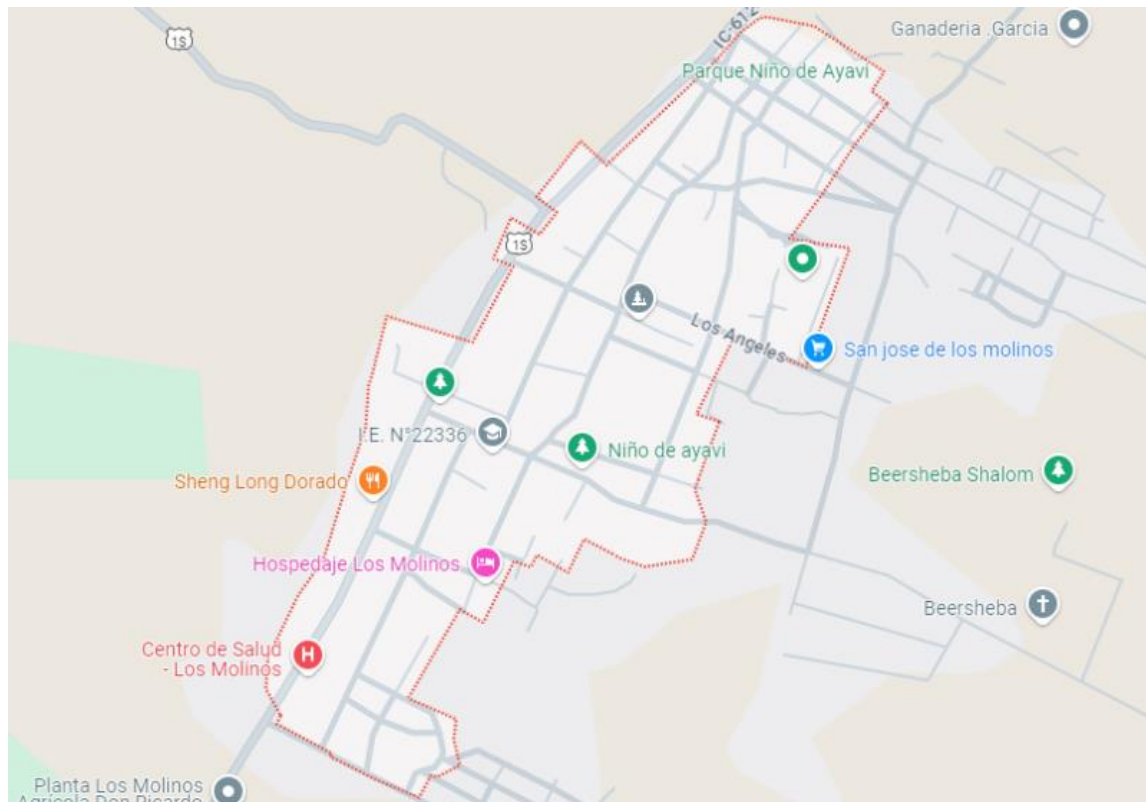


Fig. 4: Localización satelital del Distrito de Los Molinos



2.2. Metodología de investigación

2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo, “El tipo de estudio de la investigación es cuantitativo, porque busca conocer la situación predominantes a través de una descripción exacta de los procesos que se realizan”[48].

Nivel, “El nivel descriptivo”[49].

Diseño, “según el análisis y el alcance de los resultados esta investigación es de diseño no experimental”[50].

2.2.2. Población y muestra

Población

Estará conformada por las muestras de los residuos sólidos orgánicos del distrito de los Molinos, Ica.

Muestra

La muestra estará representada por los residuos sólidos orgánicos derivadas de la población y actividades comerciales.

2.3. Procedimiento de la metodología general

2.3.1. Técnica de recolección de datos

“Se utilizará la *técnica* de la observación cuantitativa y cualitativa, análisis, inmersión en el campo, encuesta a los pobladores”[51].

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

“Como *instrumento* de recojo de información se utilizarán: Guía de observación, cuestionario de preguntas, fichas bibliográficas, formato check list”[51].

2.3.3. Análisis e interpretación de datos

Carrasco, “La documentación que se realizará será encausada mediante el programa Excel, del mismo modo se analizará mediante la hipótesis estadística, para las variables principales del estudio y también para las dimensiones efectos, paquete estadístico SPSS”[52]

III. RESULTADOS

En los últimos años, tanto a nivel nacional como local, el manejo de residuos sólidos ha presentado numerosos desafíos. En el distrito de Los Molinos, uno de los problemas más relevantes es la contaminación causada por los residuos sólidos, tanto de origen municipal como no municipal. Esta situación se debe en parte a la falta de conciencia de la población sobre el impacto ambiental que genera la incorrecta segregación de los desechos[53].

Un mal manejo de residuos sólidos no solo genera puntos críticos de almacenamiento sino también genera enfermedades a la población cercana, así mismo también genera contaminación a la fuente de agua, contaminación al suelo y contaminación al aire[53].

La Municipalidad Distrital de Los Molinos ha asumido el desafío de integrar en sus políticas públicas diversas iniciativas centradas en la educación, la cultura y la ciudadanía ambiental, plasmadas en su Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental. Este programa se enfoca principalmente en fomentar la participación de los ciudadanos, con especial énfasis en los jóvenes, estudiantes, niños y adolescentes, debido a su importante presencia demográfica y su notable capacidad para innovar y adquirir conocimientos tempranos o preventivos en materia ambiental[53].

Fig. 5: Camión recolector de residuos sólidos municipales

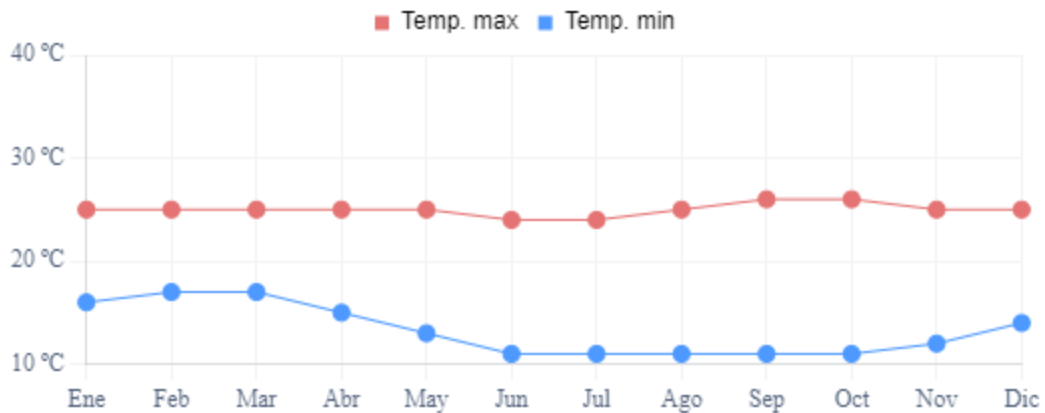


Condiciones climáticas

Durante los meses en que se desarrolló el proyecto en el Distrito de Los Molinos, se registraron temperaturas promedio de 31°C y 15°C, según datos del observatorio meteorológico del SENAMHI. Además, la precipitación mensual promedio fue de 0.63 mm, con una humedad

relativa del 44 %. Esta área se clasifica como un desierto árido subtropical, según el sistema de clasificación climática Modificado de Köppen.

Fig. 6: Climograma: Desplázate por el gráfico y conoce la evolución media de la temperatura en cada estación del año.



El Tiempo Ahora 15:35



31°

RealFeel® 32°

RealFeel Shade® 29°

Soleado

Índice UV máx.	5 Moderado	Presión	↔ 1013 mb
Viento	ONO 17 km/h	Nubosidad	0 %
Ráfagas de viento	38 km/h	Visibilidad	16 km
Humedad	32 %	Techo de nubes	9100 m
Punto de rocío	12° C		

Fuentes de generación de residuos sólidos orgánicos municipales que participaran en el proceso de elaboración de compost.

Las fuentes de generación que están involucrados dentro de la Implementación del Plan de valorización de residuos sólidos orgánicos son las siguientes:

Fuentes de Generación.

Se denomina fuentes de generación a los diferentes establecimientos (mercados, viviendas, instituciones educativas, etc.), que generan residuos sólidos orgánicos e inorgánicos y que son

considerados como “residuos sólidos re – aprovechables por su generador, que de acuerdo a sus características que posee tiene una demanda en el mercado local del reciclaje.

Se han considerado las siguientes fuentes de generación de residuos sólidos orgánicos dentro del Programa de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales en el Distrito de Los Molinos:

A. Viviendas del distrito de San José de los Molinos.

Las viviendas del distrito, que diariamente generan residuos orgánicos a partir de actividades como la preparación de alimentos, participan en el programa de compostaje, comprometiéndose a donar estos residuos. De esta manera, se busca evitar que los desechos sean depositados en un relleno sanitario o vertedero, promoviendo su reutilización antes de su disposición final.

B. Áreas verdes identificadas.

Los parques, plazuelas y sardineles del distrito generan una cantidad considerable de residuos sólidos orgánicos como resultado de la poda y el mantenimiento. Estos desechos son integrados al proceso de compostaje, lo que contribuye al mantenimiento y sostenibilidad de las áreas verdes del distrito.

C. Establecimientos Comerciales

Estas entidades participarán activamente en la valorización de los residuos, como en el caso de las bodegas, que contribuirán con una cantidad significativa de residuos sólidos orgánicos al proyecto de compostaje. De esta manera, se evita que estos desechos sean recogidos por el camión recolector y depositados en el centro de disposición final del distrito.

D. Mercados

Estos actores participan de manera activa, aportando una cantidad significativa de residuos sólidos orgánicos para su valorización, lo que contribuye a evitar que sean recogidos por el camión recolector y depositados en el centro de disposición final del distrito.

Con base en las características de los residuos sólidos orgánicos, se han identificado los materiales con mayor potencial de generación y con propiedades importantes para la fabricación de compost:

A continuación, se presenta la relación de los materiales elegidos:

Tabla 2: Tipo de materiales

Tipo de material	Porcentaje (%)
Leñoso grueso	04
Leñoso medio	02
Corte de cesped	42
Hojas	03
Leñoso delgado	38
Inflorescencia	01
Semillas	01
Otros	10

Acciones de educación, sensibilización o información que se realizarán a los generadores de residuos sólidos orgánicos municipales.

La Municipalidad Distrital de San José de los Molinos, a través de la Gerencia de Servicios Públicos, llevará a cabo diversas acciones de educación y sensibilización dirigidas a la población, con el objetivo de fomentar su participación activa en el Programa de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, que se viene implementando desde el año 2019.

Estas acciones son:

a) Sensibilización por medios informativos.

En este contexto, los promotores del programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales, durante el proceso de empadronamiento de viviendas, establecimientos comerciales, entidades públicas o privadas e instituciones educativas, realizarán una breve sensibilización a los representantes de cada entidad. Esta sensibilización incluirá conceptos básicos sobre compostaje, los pasos para su elaboración, los beneficios del compostaje, así como los impactos positivos que genera la valorización de residuos sólidos en el distrito de San José de los Molinos.

El personal encargado de la sensibilización utilizará materiales visuales, como trípticos, para proporcionar a los pobladores un recurso que les permita comprender mejor los beneficios de participar en el programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales.

Asimismo, se procederá a sensibilizar a la población del distrito mediante las siguientes acciones:

- Perifoneo por el distrito a través del camión recolector
- Publicación de material audio visual en el portal web institucional
- Sensibilización usando aplicativos webs.

Horarios y rutas de recolección priorizadas para la recolección selectiva de los residuos sólidos orgánicos municipales a valorizar.

A. Diseño de la ruta de recolección

El diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos orgánicos municipales, provenientes de las viviendas participantes en el programa de valorización a través de la elaboración de compost, se llevó a cabo considerando el horario de disponibilidad de la población participante. Asimismo, se tomaron en cuenta las unidades vehiculares asignadas al programa y la accesibilidad a las zonas donde se ubican tanto las viviendas como los mercados que forman parte de esta iniciativa.

Se tomó como rutas para el programa de valorización de residuos sólidos orgánicos el, CC.PP Pampa de las Isla, CC.PP Callejón de los Romeros, CC.PP Cerro Salvador, Molinos Centro.

Se tomó como rutas para la recolección de los RR.SS orgánicos de los mercados el CC.PP Galagarza, CC.PP Hogar de Cristo y Av. 09 de Octubre.

Estos sectores fueron seleccionados porque, según el estudio de caracterización del distrito, presentan un mayor porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos. Además, se consideró la accesibilidad a las viviendas y mercados, ya que las vías de acceso están pavimentadas, lo que facilita la recolección de los residuos por medio de los vehículos de la Municipalidad Distrital de San José de los Molinos.

B. Recipientes

Los recipientes que se entregaran a las viviendas y establecimientos participantes serán bolsas negras de 40 Lt en los cuales se depositaran los residuos sólidos orgánicos para su posterior recojo y traslado al área de compostaje de la Municipalidad.

C. Recolección

Los residuos sólidos orgánicos entregados por las viviendas, establecimientos comerciales y mercados serán recogidos por el personal encargado de esta tarea. La recolección se realizará

utilizando una camioneta, la cual transportará los residuos recolectados a la planta de compostaje de la Municipalidad Distrital de San José de los Molinos para su procesamiento.

D. Horario y Frecuencia

Para viviendas y establecimientos comerciales:

El recojo de las bolsas con residuos sólidos orgánicos se realizará en horarios entre las 2:00 pm hasta la 3:00 pm

La frecuencia de recolección de las bolsas negras se realizará los lunes, miércoles y viernes.

Para áreas verdes identificadas

El recojo de las bolsas con residuos sólidos orgánicos producto de la poda de las áreas verdes identificadas se realizará en horarios entre las 1:00 pm hasta la 2:00 pm

La frecuencia de recolección de las bolsas negras se realizará semanalmente

Viviendas del distrito de Los Molinos.

Las viviendas del distrito, que diariamente generan residuos orgánicos a partir de actividades como la preparación de alimentos, se comprometen, a través del programa de compostaje, a donar estos materiales para la producción de compost. De esta manera, contribuyen activamente al proceso de valorización de residuos.

Residuos vegetales

Los residuos vegetales de origen urbano, generados durante el mantenimiento de parques y jardines públicos, forman parte de los residuos orgánicos producidos en las ciudades. Estos pueden ser aprovechados para la producción de un abono orgánico, conocido como compost, que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Para el desarrollo de esta tesis, es fundamental identificar inicialmente los desechos vegetales y orgánicos que se generan. En algunas ocasiones, troncos o restos leñosos domésticos son almacenados en áreas específicas, pero debido a la falta de espacio, actualmente no representan un riesgo para las operaciones de mantenimiento; sin embargo, su exposición prolongada puede dar una impresión de abandono en la zona. La presente investigación empleará pilas aireadas como método de compostaje, lo que requerirá seleccionar los materiales adecuados y disponer de un espacio apropiado para llevar a cabo el proceso.

El sitio seleccionado para ubicar las pilas de compost debe contar con características que favorezcan el correcto desarrollo de la técnica de aireación. Es importante destacar que todos los factores implicados en esta técnica tienen igual relevancia en su aplicación.

Los residuos vegetales utilizados como materia prima para la creación de las pilas de compost en la prueba piloto provienen del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Los Molinos. Esto incluye actividades como el corte de césped, el cambio de flores de estación, el barrido de hojas secas y las podas de limpieza y formación de especies forestales. Del total de residuos vegetales recolectados, la mayor parte está constituida por césped y material leñoso delgado, seguidos por material leñoso de grosor medio (Figura 4). Estos materiales están formados por estructuras químicas complejas, como hemicelulosa, celulosa y lignina.

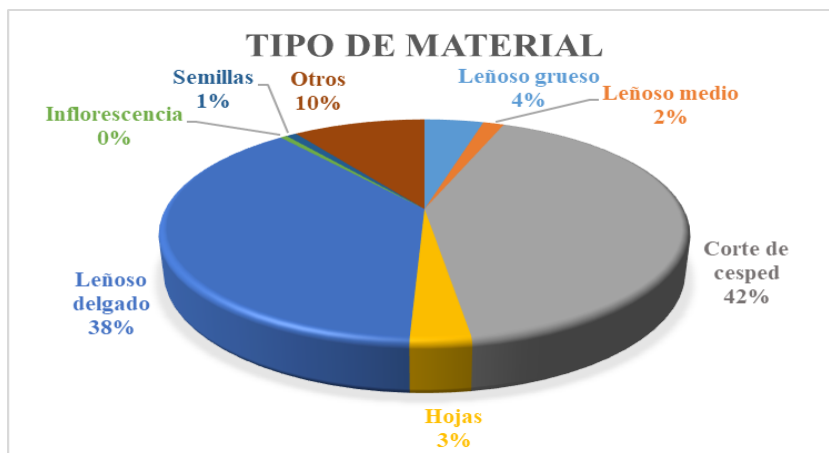
La recolección de los residuos orgánicos generados por el mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Los Molinos se realiza a diario en dos turnos de trabajo, utilizando dos vehículos de recolección. El primer vehículo, conocido como "volante", es un camión recolector que sigue una ruta programada por el sector en mantenimiento, recogiendo las bolsas de residuos generadas por el personal. Este camión recolecta en promedio entre tres y cuatro toneladas diarias, con una capacidad de carga útil de 6,64 toneladas.

El segundo vehículo es un camión baranda equipado con un brazo hidráulico, cuya función es recoger las bolsas de residuos de cuatro puntos de acopio establecidos por la Municipalidad en el distrito. Este camión recolecta entre seis y siete toneladas diarias, superando su capacidad de carga útil, que es de 6,5 toneladas.

Tabla 3: Tipo de materiales para el compost

Tipo de material	Porcentaje (%)
Leñoso grueso	04
Leñoso medio	02
Corte de cesped	42
Hojas	03
Leñoso delgado	38
Inflorescencia	01
Semillas	01
Otros	10

Fig. 7: Tipo de materiales para el compost. Restos vegetales que componen los residuos del mantenimiento de parques y jardines de las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos.



Ubicación de la Planta de Compostaje

La planta de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales estará ubicada en la "ranchería de Trapiche", en el distrito de San José de los Molinos. Esta planta ocupará un área que oscila entre 50 y 129 m² y contará con 07 pilas de compostaje, cada una con dimensiones mínimas de 1 metro de altura, 1 metro de ancho y 6 metros de largo.

El área de compostaje estará cubierta con un material impermeable con una inclinación diseñada para permitir el escurrimiento del agua pluvial. Además, estará delimitada por un cerco perimétrico que definirá los límites de la planta y contará con un letrero de señalización.

La planta también tendrá un área específica para la descarga de residuos sólidos, con dimensiones de 4.90 metros de largo por 3 metros de ancho. Incluirá un espacio para el pesaje de los residuos, de 2.50 metros de ancho por 2.70 metros de largo, y un área destinada al picado de los restos orgánicos, con un tamaño de 2.49 metros de ancho por 3.92 metros de largo.

Ubicación y descripción de la instalación de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales.

Ubicación del piloto.

A. Nombre del Área:

Camino la Hacienda Trapiche del Distrito de San José de los Molinos.

B. Dirección:

Trapiche

C. Situación:

Formal

D. Propiedad

Privada

E. Administración:

Municipal

Fig. 8: Ubicación de la planta de compostaje

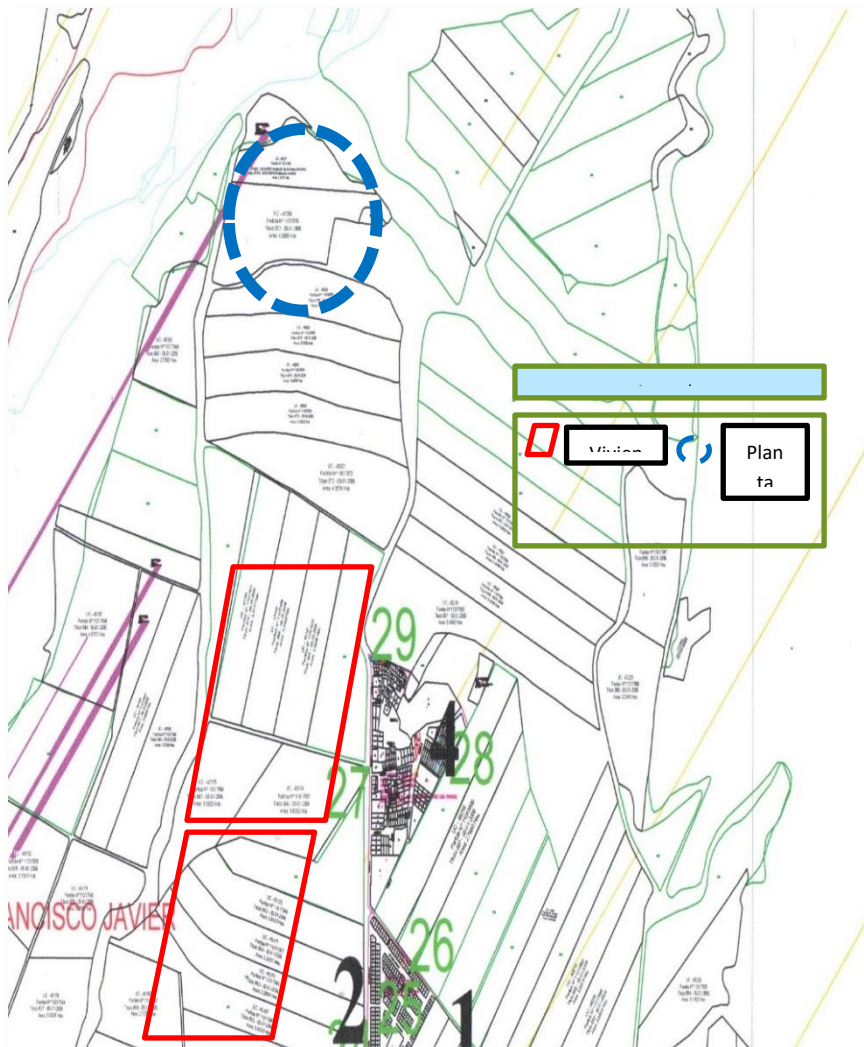




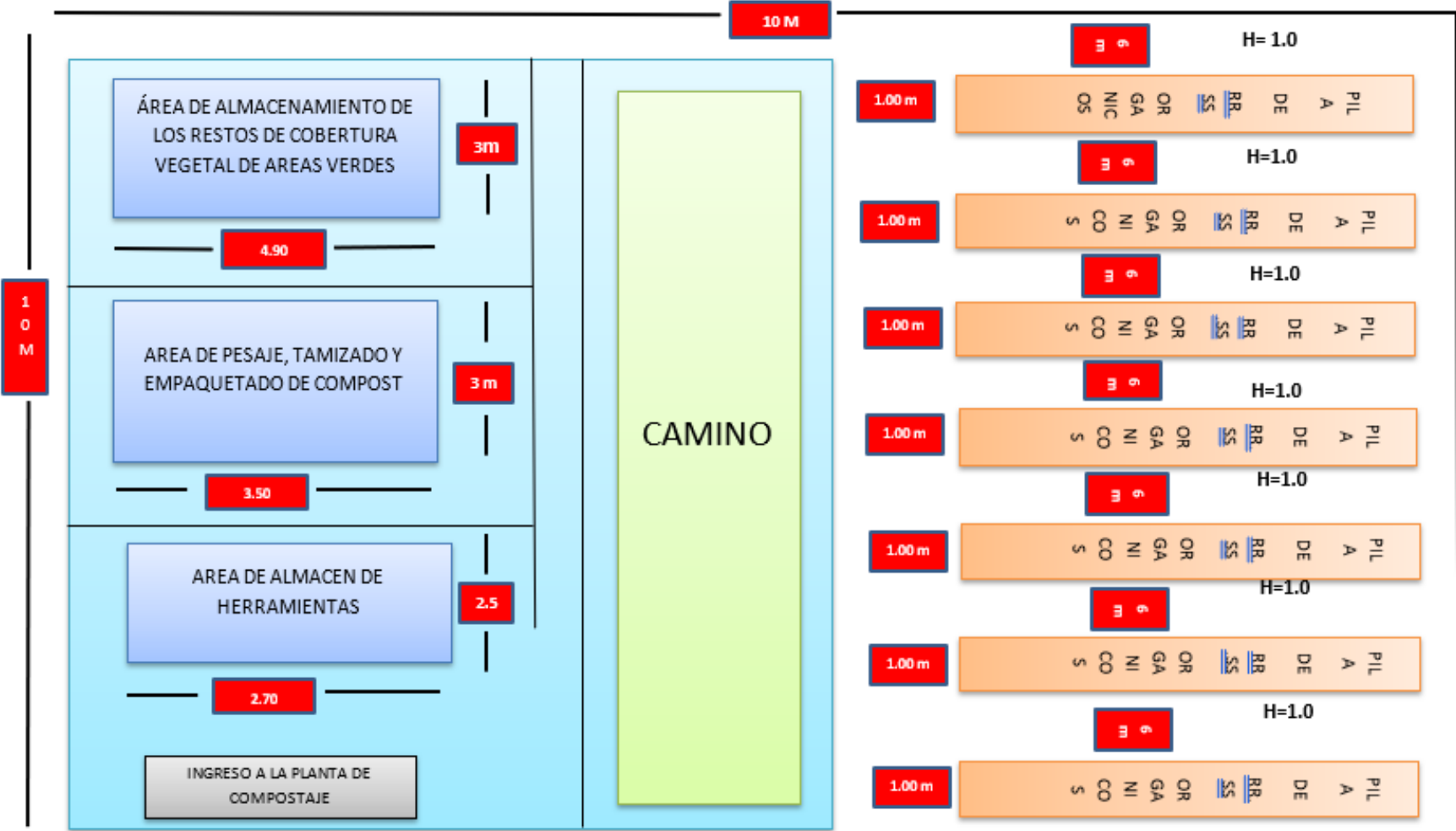
Fig. 9: Ubicación de la planta de compostaje

El compost se define como el uso de residuos orgánicos e inorgánicos provenientes de vegetales para producir un abono orgánico mediante la descomposición natural de compuestos bioquímicos como la celulosa y la lignina. En otras palabras, el compostaje es un proceso biológico controlado que se lleva a cabo a través de la oxidación aeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos, generando como resultado un abono orgánico conocido como compost.

El empleo de técnicas adecuadas para el manejo y valorización de residuos sólidos orgánicos ayuda a minimizar los impactos negativos sobre la salud, el medio ambiente y la economía, los cuales suelen ocurrir cuando los residuos no son dispuestos de manera correcta. A lo largo de los procesos de producción, distribución, comercialización y eliminación de los residuos, pueden producirse serios efectos adversos en el ecosistema, siendo una causa principal la falta de responsabilidad de quienes generan los desechos.

El arte de producir compost, conocido como compostaje, puede parecer sencillo a primera vista, pero en realidad es un proceso altamente complejo de transformación de materia orgánica. Este proceso de descomposición metabólica es llevado a cabo por una variedad de organismos, como bacterias, hongos, actinobacterias, nemátodos, anélidos, miriápodos, moluscos e isópodos, quienes intervienen en distintas fases del proceso de descomposición xilolítica, celulolítica y ciclolítica. Como resultado, se obtiene un producto final completamente maduro, con características distintas a las originales, denominado abono orgánico, el cual se utiliza principalmente para mejorar la productividad de los suelos.

Fig. 10: Plano de distribución de la instalación de Valorización de Residuos Orgánicos Municipales



Pilas aireadas como método de compostaje

El proyecto “Elaboración de compost a partir de residuos orgánicos y vegetales empleando pilas aireadas en el distrito de Los Molinos, Ica” se enfoca en el aprovechamiento de los residuos orgánicos y vegetales generados por el desecho de alimentos provenientes de restaurantes, hogares, el Mercado de Abastos y las Instituciones Educativas del distrito de Los Molinos. Debido a la relevancia de este tema, es importante investigar los beneficios y la eficiencia del método de pilas aireadas en la producción de compost a partir de mezclas de residuos orgánicos domésticos.

El compostaje es un proceso biológico aeróbico controlado que, mediante la acción de microorganismos y macroorganismos, transforma los residuos orgánicos (sólidos o líquidos) en materiales más estables y menos móviles. Durante este proceso, se liberan vapor de agua, dióxido de carbono, calor y nitrógeno, lo que reduce tanto el peso como el volumen de los residuos. Actualmente, la mayor parte de los residuos domésticos en el distrito de Los Molinos se deposita en botaderos a cielo abierto, aunque existen políticas municipales que promueven la reducción y separación de residuos en la fuente.

Una forma de mitigar la contaminación causada por los residuos orgánicos fermentables es mediante el compostaje, que permite la descomposición de estos compuestos y evita la generación de lixiviados y chorumes, reduciendo significativamente el impacto ambiental. Además, convierte un residuo degradable en un recurso útil para la fertilización del suelo.

El método de compostaje de pilas aireadas consiste en colocar una malla en el fondo de las pilas y crear capas alternas de residuos vegetales pequeños y pastosos. Para implementar este método de manera eficiente, es necesario disponer de un sitio adecuado con suficiente espacio para las plataformas de compostaje. El terreno debe ser estable y plano para facilitar el movimiento de maquinaria, asegurar un buen drenaje y evitar problemas de contaminación. También se pueden habilitar nuevos espacios en las áreas exteriores de los establecimientos para crear puntos de compostaje adicionales.

El diseño experimental se desarrolló considerando los siguientes elementos clave:

Población: Vecinos del distrito de Los Molinos.

Unidades muestrales: Residuos orgánicos generados diariamente en las viviendas.

Distritos seleccionados: Áreas urbanas.

Muestras experimentales: Se trabajó con zonas homogéneas de pilas de residuos orgánicos, con un total de n=24.

Niveles: El tipo de pila de residuos orgánicos se consideró en cada zona, implementando una pila aireada para el compostaje.

Posibles limitaciones: Se identificaron algunas limitaciones, como los diferentes tamaños de parcelas, las proporciones variables de residuos generados y el origen diverso de los residuos orgánicos.

Variable de respuesta: Se medirá la cantidad de compost obtenido con la pila suficiente para rellenar una malla de 1x10x1 metros. Además, se evaluará el incremento de la población bacteriana anaerobia presente en las muestras, basándose en el principio de fermentación anaerobia. También se verificará la presencia de bacterias anaerobias al evaluar las muestras en distintas esquinas de las calles seleccionadas.

En este estudio, no se estableció una estratificación de las pilas en zonas de alto, moderado y bajo nivel de residuos, debido a que las pilas aireadas se construyeron de manera homogénea. Por tanto, los estratos quedarían en diferentes proporciones. El experimento se dividirá por zonas, tomando en cuenta la numeración de las puertas de las viviendas y los estratos correspondientes a evaluar.

Finalmente, se incluirá a la población en el análisis, y se compararán los resultados del método de compostaje aireado con el método tradicional, considerando las particularidades del distrito. Esto permitirá realizar una evaluación costo-beneficio de la actividad en la zona seleccionada.

La planta de producción de compost estará distribuida por los siguientes ambientes:

- **Área de almacenamiento de restos de cobertura vegetal de áreas verdes**

La planta de valorización dispondrá de un área específica para el almacenamiento de la cobertura vegetal recolectada de los parques y jardines del distrito. Esta área tendrá dimensiones de 4.90 metros de largo por 3 metros de ancho, y estará destinada a la descarga de los restos de cobertura vegetal obtenidos tras la poda de las áreas verdes previamente identificadas.

- **Área de picado**

La planta también contará con un área de 2.49 metros de ancho por 3.92 metros de largo, destinada al picado de los residuos sólidos orgánicos recolectados y almacenados en el área de descarga. Esta acción tiene como objetivo reducir el tamaño de los residuos para acelerar su descomposición dentro de las pilas de compostaje, optimizando así el proceso de compostaje.

- **Área de pesaje, tamizado y empaque**

La planta contará con un área de 3 metros de ancho por 3.50 metros de largo, destinada al pesaje de los residuos sólidos recolectados de los diferentes establecimientos que participen en el programa de valorización. Además, esta área se utilizará para el tamizado del producto final obtenido y el posterior empaque del compostaje, garantizando así la calidad del abono producido.

- **Área de pilas**

Esta área estará destinada para la construcción de las pilas de compostaje, en la cual entrará los residuos sólidos orgánicos para empezar el proceso de descomposición y transformación en compost.

Cada pila tendrá un área de 1m de ancho por 6 metro de largo, con una altura mínima de 1 m.

Procedimiento a utilizarse en la elaboración de compost.

1. Preparación del compost

- Se preparará en pilas.
- Las pilas para compost deben estar ubicadas en terrenos planos y secos

2. Pasos para el llenado de la poza

- Lo primero a realizar para la elaboración del compost es la elección del lugar que cumpla con las características físicas óptimas para la realización de las pilas.
- Luego se realizará la selección del sitio, se procederá a elaborar las pilas, para este proceso es necesario la utilización de materiales que permitan la excavación del mismo por lo cual es necesario la utilización de pico, pala, y entre otros materiales.

Pasos para la elaboración del Compost

Primera capa

- En primer lugar, se debe verter la cal en toda el área profunda del compost
- Triturar los materiales mediante el corte en pequeños pedazos
- Depositar el material triturado en la compostera o pila, en el siguiente orden:

- Forraje seco
- Forraje verde
- Materia orgánica (restos domésticos)
- Forraje seco
- Forraje verde
- Tierra agrícola

Fig. 11: Distribución de residuos en la pila



Formación de las pilas de compostaje. El proceso consiste en apilar los residuos orgánicos en capas, alternando entre residuos secos y húmedos, hasta alcanzar una altura máxima recomendada de un metro (ver Tabla 30). Esta operación se lleva a cabo de manera manual, utilizando herramientas como palanas, rastrillos y carretillas, entre otros.

Fig. 12: Residuos en la pila de compostaje



De acuerdo con las recomendaciones técnicas para el compostaje, la primera capa debe estar compuesta por residuos secos como rastrojo, paja y aserrín, con el fin de reducir la generación de lixiviados. Esta capa tendrá una altura de 10 centímetros, lo que equivale a un volumen de 0.41 m^3 ($2.70 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$). Dado que la densidad de la fracción vegetal es de 79.44 kg/m^3 , el peso total de la primera capa será de 32.57 kilos.

La segunda capa tendrá una altura de 35 centímetros y estará formada por guano de cuy. El volumen de esta capa será de 1.42 m^3 ($2.70 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 0.35 \text{ m}$), y con una densidad del guano de cuy de 343.33 kg/m^3 , el peso total será de 487.53 kg.

La tercera capa será idéntica a la primera, por lo que se necesitarán nuevamente 32.57 kilos de residuos secos para completarla.

Fig. 13: Formación de la pila de compostaje



La cuarta capa tendrá 35 centímetros de altura y estará formada por residuos húmedos: restos de frutas y verduras. El volumen de esta capa será de 1.42 m^3 ($2.70 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 0.35 \text{ m}$), y considerando que la densidad es 428.66 kg/m^3 , resulta un total de 594.50 kilos.

Humedecer la compostera o pilas.

Es recomendable voltear e hidratar el compost al menos tres veces por semana para acelerar el proceso de degradación. El compost estará listo, o "curado", cuando adquiera un color marrón oscuro, tenga un olor similar al de la tierra, los residuos orgánicos estén completamente descompuestos y la temperatura haya disminuido, indicando que el proceso de descomposición ha finalizado.

Volteado

El volteado de la mezcla se realizará aproximadamente cada 15 días, mientras se controla la temperatura, la humedad y el pH de la mezcla para asegurar un proceso de compostaje óptimo. La quinta y última capa tendrá las mismas características que las capas de material seco, lo que significa que se requerirán 32.57 kilos de residuos secos para completar la capa final.

Fig. 14: Humedecimiento de la pila de compostaje



Tabla 4: Capas que conforman una pila de compost

- 5ta capa: residuos secos (restos de poda)
- 4ta capa: residuos húmedos (cáscaras y restos de frutas y verduras)
- 3era capa: residuos secos (restos de poda)
- 2da capa: guano de cuy
- 1era capa: residuos secos (restos de poda)

En resumen, se necesita 97.71 kilos de residuos secos, 487.53 kilos de guano de cuy y 594.50 kilos de residuos húmedos. La capacidad de cada pila será de 1.18 toneladas, con un volumen de 4.05 m³ y una densidad global de 291.36 kg/m³ (Ver Tabla 5).

Tabla 5: Dimensiones de la pila

Parámetro	Medida
Largo (m)	2.70
Ancho (m)	1.50
Altura (m)	1.00
Volumen (m ³)	4.05
Peso (kg)	1180.00
Densidad (kg/m ³)	291.36

Es importante destacar que en cada capa formada se debe inocular la mezcla con microorganismos eficientes. Esto permitirá humedecer el material y acelerar la descomposición, gracias a la alta carga microbiana añadida, optimizando así el proceso de compostaje.

Compostaje. Durante la fase de descomposición, es fundamental controlar la temperatura del material para evaluar la necesidad de oxígeno y evitar condiciones anaeróbicas. El proceso se divide en tres etapas: mesófila, termófila y de enfriamiento. En la etapa inicial, la temperatura aumentará rápidamente debido a la activación de los microorganismos y su adaptación al entorno. Además, será necesario monitorear la humedad para asegurarse de que se mantenga en un nivel adecuado, favoreciendo así el desarrollo óptimo de los microorganismos y la descomposición eficiente del material.

Fig. 15: Riego y adición de residuos en la pila de compostaje



Aunque el sistema de compostaje será de pilas estáticas, se recomienda revolver la pila periódicamente o humedecerla para regular los parámetros mencionados, como la temperatura y el nivel de oxígeno. Esto permitirá airear la mezcla y reducir gradualmente su temperatura, asegurando un proceso de compostaje eficiente y evitando condiciones anaeróbicas.

Secado. Este proceso dura 3 días con una pérdida del 20 % en peso.

Consiste en exponer el material directamente al sol para disminuir la humedad adquirida durante la fase de enfriamiento.

Fig 16: Granulometría del compost



Afino. Una vez completada la etapa de secado, el material se zarandea para lograr los siguientes objetivos:




Separar las impurezas que no fueron eliminadas en etapas previas.

Obtener un compost con la granulometría deseada.

Recuperar el material estructurante y los residuos que no se han descompuesto completamente, para reutilizarlos o someterlos a un nuevo ciclo de compostaje.

Para este proceso se utilizan mallas de 0.5 cm y 1 cm, para obtener los productos descritos en la Tabla 6.

Tabla 6: Comparación del abono de acuerdo a su granulometría

Tipo de abono cosechado	Tipo de cultivo	Fotografía
Fino	Plantas ornamentales, hortalizas, mantenimiento del vivero municipal	
Grueso	Maíz, papa	
Mixto	Árboles frutales.	

Empacado. Después de un período de aproximadamente 3 a 3 meses y medio, y tras confirmar que el compost presenta las características óptimas, como color, olor y pH adecuados, se procederá a empaquetar el compost orgánico en envases plásticos.

El producto final se almacenará en sacos de polipropileno, con un peso de 5 y 10 kilogramos, listos para su distribución o uso.

Fig. 17: Compost envasado



Balance de materia

Para el balance del proceso, se ha tomado en cuenta la experiencia en la planta de compostaje municipal. Se ha determinado que las pérdidas después del picado manual (picado 2) son insignificantes, mientras que en el picado con máquina (picado 2), el 80 % del material ingresado continúa en el proceso. En cuanto al compostaje propiamente dicho, el material resultante es el 50 % del valor inicial tras la degradación. Durante las etapas de secado y afino, se mantiene un 90 % del material en cada una de ellas. Estos porcentajes permiten estimar las eficiencias en cada fase del proceso.

Figura 18. Diagrama de bloques del proceso de compostaje

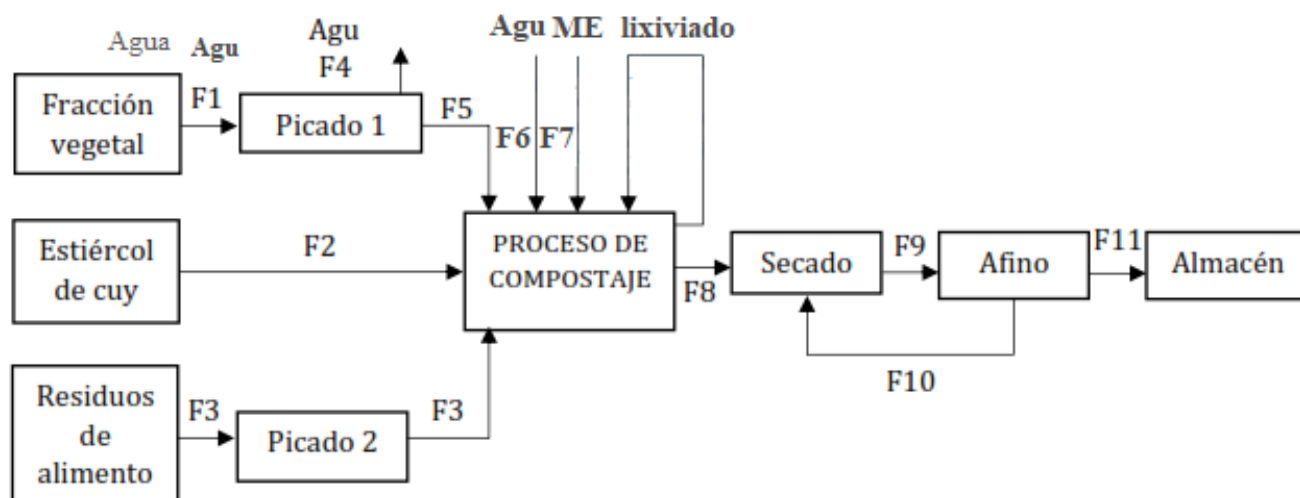


Tabla 7: Balance de materia de acuerdo al proceso

Proceso	Entrada (kg)	Salida (kg)	Recuperación de materia orgánica (%)
Picado 1	F1= 117.25	F5=97.71 F4= 19.54	80
Picado 2	F3= 594.50	F3= 594.50	100
Compostaje*	F5= 97.71 F6= 600.00 F7= 20.00 F2= 487.53 F3= 594.50	F8= 904.37	50
Secado	F8=904.37	F9= 723.50	80
Afino	F9= 723.50	F11= 651.15 F10= 72.35	90

* En el proceso de compostaje, se producen pérdidas de vapor de agua, además de la recolección de aguas residuales generadas durante el riego del material y la formación de lixiviados. Estas aguas residuales se almacenan en un pozo adecuado y se reutilizan para humedecer las nuevas pilas de compost que se formarán, contribuyendo así a un manejo más eficiente del agua y del proceso de compostaje.

Para el cálculo del rendimiento global del proceso de compostaje, se dividirá el material resultante del proceso de afino (651.15 kg) sumado a la cantidad de agua que resulta del picado de la fracción vegetal (19.54 kg) entre la sumatoria del material que ingresa al proceso de compostaje: fracción vegetal (117.25 kg), estiércol de cuy (487.53 kg), restos de alimentos (594.50 kg), agua (600 kg) y microorganismos eficientes (20 kg).

Por lo cual se tiene que:

$$\eta_{global} = \frac{F_{11}+F_{14}}{F_1+F_2+F_3+F_6+F_7} \times 100 = \frac{651.15+19.59}{117.25+487.53+594.50+600+20} \times 100 = 36.87\%$$

El rendimiento global del proceso de compostaje es aproximadamente del 36.87 %

Control del proceso

Algunos parámetros clave, como la temperatura, el pH, la humedad y el oxígeno, son fundamentales para mantener la población de microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje. Por esta razón, es necesario realizar monitoreos continuos que incluyan actividades como la medición de la temperatura, el volteo de las pilas para asegurar una adecuada aireación y la regulación de la humedad, asegurando así condiciones óptimas para el desarrollo del compostaje.

Temperatura. El aumento de la temperatura en el compostaje está directamente relacionado con la oxidación biológica exotérmica, generada por la intensa actividad microbiana. Este incremento es un indicador importante, ya que permite determinar en qué fase se encuentra el proceso y cuándo es necesario realizar los volteos de las pilas. Además, alcanzar temperaturas de 65 °C a 70 °C es crucial para eliminar patógenos presentes en los residuos vegetales y animales, así como para destruir semillas de malas hierbas y otros elementos que podrían afectar la calidad del compost.

Se recomienda monitorear la temperatura a diario, introduciendo el termómetro en varios puntos de la pila, tanto en su parte interna como externa, y calcular el promedio de las mediciones obtenidas.

Un aumento rápido de la temperatura es señal de que el proceso de degradación está en curso. Sin embargo, si la pila comienza a enfriarse antes de completar la degradación, se sugiere añadir materiales ricos en nitrógeno, como estiércoles, restos de frutas y verduras o residuos frescos de poda, para reactivar el proceso de compostaje.

Actualmente, la planta de compostaje cuenta con un termómetro digital HANNA HI 145 con las siguientes características:

- Rango de temperaturas: -50° C - 220 °C
- Precisión: ± 0.3 °C
- Longitud de sonda: 125 mm
- Modelo: tipo T

Humedad. El rango óptimo de humedad para el proceso de compostaje debe mantenerse entre el 45 % y el 60 % de agua en peso. Si la humedad supera o no alcanza este rango, la actividad microbiana se interrumpe, lo que provoca un retraso en la degradación del material y, como consecuencia, la inestabilidad del compost final. Mantener la humedad dentro de estos valores es clave para garantizar un proceso de compostaje eficiente y la calidad del producto.

A continuación, se presentan problemas y soluciones ante un porcentaje de humedad inadecuado:

Tabla 8: Posibles dificultades a causa de una humedad inapropiada

Porcentaje de humedad del material	Problema	Solución
<45 %	Cesa el desarrollo de la actividad microbiana, por lo tanto, el proceso de compostaje se retarda.	Regar con moderación y añadir restos húmedos: restos de frutas y verduras.
>60 %	No circula el aire al interior de la pila, por lo tanto, el proceso podría convertirse en anaeróbico generando malos olores.	Añadir restos secos: hojas, restos de poda, paja, aserrín, etc., y voltear el material para airearlo.

Aireación. La falta de aireación en el proceso de compostaje provoca la acumulación de vapor de agua en la materia orgánica, lo que genera un aumento de la humedad. Esto propicia que los microorganismos aeróbicos sean reemplazados por microorganismos anaeróbicos, lo que conduce a la producción de malos olores y acidez debido a la generación de metano (CH_4), ácido acético y ácido sulfhídrico (H_2S).

Por otro lado, un exceso de oxígeno puede causar un descenso en la temperatura del material, lo que enfría la pila y afecta negativamente la actividad microbiana, ralentizando el proceso de descomposición.

La necesidad de aireación varía según la etapa del proceso de compostaje, siendo la fase termófila la que presenta una mayor demanda de oxígeno, como lo señalan [54]Román, Martínez y Pantoja (2013).

pH. El pH en el compostaje varía según el tipo de residuo orgánico que se esté tratando y cambia a lo largo del proceso. Es fundamental mantener un pH neutro o cercano a él, idealmente entre 6 y 7.5, ya que valores fuera de este rango pueden dificultar la actividad microbiana. Un pH demasiado bajo o alto afecta la eficiencia del compostaje y puede retrasar la descomposición de los residuos.

Olores. Para minimizar la generación de olores en el proceso de compostaje, es recomendable cubrir el material con paja, aserrín u otro tipo de material seco que pueda absorber los líquidos generados por la descomposición. Además, es importante remover el material periódicamente para evitar que el riego lo compacte. Estas prácticas no solo ayudan a controlar los olores, sino que también reducen la presencia de vectores indeseados, como moscas, aves y otros animales.

Lixiviados. Para reducir la generación de residuos líquidos en el proceso de compostaje, es esencial disponer de suficiente fracción vegetal, como paja, restos de poda o materiales absorbentes como el aserrín, para agregar a las pilas durante su formación.

Se estima que por cada tonelada de residuos orgánicos se generan aproximadamente 20 litros de líquido residual. Este líquido puede ser reutilizado para la humectación de las pilas y la inoculación de microorganismos, aprovechando su alta carga microbiana para acelerar el proceso de descomposición.

Dimensionamiento y distribución de planta

La infraestructura debe considerar como mínimo:

Valla perimetral: Debe delimitar toda la instalación, incluyendo el almacén de residuos y el área destinada al producto final.

Zonas de limpieza y desinfección: Espacios adecuados para la limpieza y desinfección de los vehículos involucrados en el proceso.

Sistemas de gestión de lixiviados y aguas pluviales: Implementar sistemas de canalización y depósitos para recoger y gestionar estos líquidos.

Proporciones de materiales: Considerar las proporciones de residuos sólidos y líquidos, materiales estructurantes y complementarios para activar los microorganismos eficientes.

Maquinaria y equipos: Asegurar la disponibilidad de la maquinaria y equipos necesarios para las operaciones.

Zonas para el personal: Espacios complementarios para facilitar el movimiento del personal en la planta.

Áreas de trabajo: Disponer de zonas específicas para la descarga del material, pesaje, selección manual, armado de las pilas, cernido y empaclado del compost, así como almacenes para el producto terminado, equipos, herramientas, y baños y vestuarios para el personal.

Áreas para maniobras y operaciones: Contar con suficiente espacio para que los vehículos y equipos puedan operar sin interferir con las actividades.

Protección contra la lluvia: Proteger las áreas de compostaje para evitar que la lluvia afecte las características del material y no incremente la producción de lixiviados.

Separación de áreas: Independizar el área de manejo de residuos del área administrativa.

Señalización: Contar con letreros y señalización adecuados para facilitar el manejo y seguridad en la planta.

La planta de compostaje de 1000 m² estará distribuida de la siguiente manera:

Área de recepción y descarga del material (11 m²): En esta zona se realizará el pesaje, selección manual y registro del material aprovechable y no aprovechable.

Zona de compostaje (550 m²): Destinada para el armado de las pilas, inoculación de microorganismos eficientes y volteos. Se ha calculado la superficie en función de la cantidad de residuos y la fase de descomposición. Contará con una pendiente para facilitar el recojo de lixiviados.

Área de secado (90.65 m²): Compuesta por 31.45 m² techados y 59.20 m² de superficie libre. Aquí se colocará plástico doble cara para el secado al sol del compost proveniente de la zona de compostaje.

Área de afino (31.45 m²): Se ubicarán las cribas metálicas para zarandear el compost. Luego, el compost será empaclado en sacos de polipropileno.

Almacén de producto terminado (31.5 m²): Espacio para almacenar el compost hasta su uso o distribución.

Almacén de material estructurante y residuos orgánicos (14.11 m²): Aquí se guardarán residuos como frutas, verduras, estiércol y restos de poda.

Oficina administrativa (9 m²): Espacio para emitir informes, registrar material y recibir al público interesado.

Almacén de insumos, equipos y herramientas (14.11 m²): Se almacenará la picadora TRP-11, así como herramientas necesarias para el proceso de compostaje (carretillas, palanas, rastrillos, mangueras, etc.).

Vestuarios y baños (11.32 m²): Área destinada para los servicios higiénicos y vestuarios del personal.

Caseta de vigilancia (3.15 m²): Se ubicará el personal de seguridad de la planta.

Área de recepción (22 m²): Espacio para recibir el material y realizar tareas administrativas básicas.

Pozo de lixiviados: Se almacenará el residuo líquido producto de la humectación de las pilas.

Empaquetado

Distribución

Finalmente se procederá a distribuir el compost obtenido a las viviendas y establecimientos participantes, además se brindará una cierta cantidad a área de parques y jardines de la municipalidad para el mantenimiento de las áreas verdes del distrito.

BENEFICIOS DEL COMPOST

La adición de compost en los suelos se ha convertido en una técnica de manejo sostenible que mejora las características hidrofísicas del suelo, adaptándose a las condiciones meteorológicas locales (ver Cuadro 4). Entre los principales beneficios físicos destacan los siguientes:

Efecto sobre la compactación del suelo: La aplicación de compost, ya sea en la superficie o en el interior del perfil del suelo, es una técnica probada para combatir la compactación y reducir la erosión hídrica. Además, la enmienda del suelo mediante acolchado orgánico de compost ayuda a regular la energía de impacto de las gotas de lluvia, facilitando su infiltración y disminuyendo la pérdida de suelo por erosión, lo que a su vez favorece la revegetación natural de la superficie.

Efecto sobre la estabilidad de los agregados del suelo: La estabilidad de los agregados depende de cómo se incorpore el compost y de la dinámica de su descomposición. Esto afecta su localización en el perfil del suelo y la asociación con las partículas minerales, lo que influye en la estabilidad de los productos orgánicos transformados. Los cambios en la estabilidad de los agregados, según Kay y Angers (2002), se deben a las variaciones en el contenido de materia orgánica, polisacáridos y lípidos, que son materiales lábiles con actividad transitoria en el suelo.

Efectos sobre la retención y almacenamiento de agua: La adición de compost aumenta la capacidad del suelo para retener y almacenar agua, especialmente en condiciones de saturación. Esto se debe a la estructura equilibrada que se forma entre los macroporos y microporos, lo que mejora la estabilidad del suelo frente a procesos degradativos.

Gestión ambientalmente correcta de los residuos vegetales: El uso de residuos vegetales para producir compost crea un ciclo de reciclaje que optimiza los recursos, revalorizando los residuos de manera útil. Esto no solo reduce el volumen de residuos que se dispone en botaderos o rellenos sanitarios, sino que también genera ahorros en la compra de mejoradores de suelo, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible en el mantenimiento de áreas verdes.

Tabla 9: Cuadro resumen de las principales ventajas del compost[55].

Propiedades	Acción
Físicas	Mejora la estructura y estabilidad del suelo, incrementa la porosidad, la permeabilidad del aire y retención del agua.
Químicas	Incremento de la capacidad tampón, aumento del intercambio catiónico y del contenido de materia orgánica, incremento de los niveles de macro y micronutrientes esenciales.
Biológicas	Favorece la coexistencia de diferentes especies de microorganismos, incrementa la microflora y la mesofauna como protozoos, rotíferos, nemátodos y artrópodos, estimula la actividad microbiana y reduce la producción de patógenos.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el recorrido realizado, se presentan los resultados obtenidos desde la ubicación inicial de la planta de tratamiento hasta la disposición final de los residuos sólidos vegetales y orgánicos para implementar el método de pilas aireadas, basándose en la cantidad promedio de residuos orgánicos generados semanalmente.

Delimitación de la ubicación: El proyecto se establecerá en un terreno de 1000 m² ubicado en el pueblo del distrito de Los Molinos, Departamento de Ica. Según observaciones y entrevistas con los administradores de la municipalidad, se determinó que el terreno no está asociado a ninguna explotación o actividad actual. Durante el recorrido por la zona urbana y rural del área de influencia del proyecto (distrito de Los Molinos), se identificó un espacio amplio y libre de urbanización, que se considera apropiado para llevar a cabo el proyecto. Al revisar el plano de la zona, el terreno está marcado en color verde, con un margen aproximado de 300 m², indicando que se trata de un área sin uso específico.

Importancia de la valorización de residuos orgánicos: El uso de técnicas adecuadas para el manejo y valorización de residuos sólidos orgánicos reduce los impactos negativos que estos generan sobre la salud, el medio ambiente y la economía, debido a su inadecuada disposición. En los diversos procesos de producción, distribución, comercialización y eliminación de residuos, pueden presentarse fuertes impactos negativos en el ecosistema, una de las principales causas siendo la falta de responsabilidad de los generadores de residuos.

El compostaje: un proceso complejo: El compostaje, aunque en apariencia es un proceso sencillo, es en realidad un proceso biológico altamente complejo que implica la descomposición de la materia orgánica a través de una actividad metabólica producida por diversos organismos, como bacterias, hongos, actinobacterias, nemátodos, anélidos, miriápodos, moluscos e isópodos. Estos organismos intervienen en distintas fases del proceso, como la descomposición xilolítica, celulolítica y ciclolítica, lo que finalmente da como resultado un producto maduro, con características específicas, conocido como abono orgánico. Este compost se aplica principalmente a los suelos para mejorar su capacidad productiva.

La implementación de este proyecto, basada en el manejo de pilas aireadas, permitirá reducir el volumen de residuos que de otra forma serían mal gestionados, contribuyendo a una gestión ambientalmente responsable y sostenible de los residuos en la zona.

Un compost bien elaborado es el resultado de una serie de acciones programadas, ordenadas y consecutivas que ocurren a lo largo del tiempo. Al finalizar el proceso de descomposición, cuando se alcanzan las condiciones de estabilidad y maduración, y el material se convierte finalmente en humus, se cumple el propósito principal de todas las actividades involucradas. Sin embargo, es fundamental que esta cadena de acciones se ejecute sin interrupciones, ya que la calidad del compost depende de un seguimiento riguroso desde el inicio del proceso.

No se puede determinar con certeza que un compost es de alta calidad simplemente por el contenido elevado de materiales verdes, ya que en ocasiones también se ha observado un sobre enriquecimiento de nitrógeno en los suelos, lo que puede afectar negativamente el equilibrio del ecosistema. Un compost bien equilibrado debe tener un 60 % de restos verdes y un 40 % de restos secos, preferiblemente con una proporción importante de materiales marrones.

Los datos estadísticos muestran variaciones en los indicadores evaluados, especialmente en la humedad. Aunque el valor crítico de humedad en una compostera es del 30 %, la aireación diaria permitió mantener la humedad alrededor del 50 %, evitando la deshidratación del compost. Sin embargo, cuando no se realizó aireación durante tres días, la humedad disminuyó considerablemente, lo que podría haber provocado la desecación si no se hubiera retomado la aireación. Además, se observó una disminución gradual de la materia orgánica debido al aumento de la temperatura en la compostera, y el pH se redujo gradualmente, probablemente por la liberación de amonio como producto intermedio en el proceso de nitrificación. La liberación de amonio provoca la formación de ion hidroxilo, lo que altera el pH del medio.

Para mantener el proceso de compostaje bajo control, es crucial monitorear y regular la humedad. Esta debe mantenerse en un rango específico, generalmente entre el 40 % y el 65 %, que corresponde a la condición de saturación. El agua representa entre el 45 % y el 55 % del peso del compost, y para un desarrollo rápido y eficiente, la humedad óptima debe ser superior al 50 %. Si la humedad es demasiado baja (menos del 40 %), el proceso de biodegradación se detendrá o ralentizará. Si es demasiado alta (más del 60 %), el compost puede sufrir falta de oxígeno, lo que interferirá con la respiración anaeróbica. Un compost con menos del 40 % de humedad se secará y no se descompondrá adecuadamente.

El proceso se detendrá y no se redistribuirá para el intercambio y el desarrollo de las sales disueltas en la masa. La población microbiana no crecerá ni se desplazará adecuadamente, y el producto no será un compost estable. Los mismos problemas ocurrirán si la masa contiene más del 60% de humedad; el agua evoluciona en vapor, demandará mucho calor y habrá efluentes lixiviados.

V. CONCLUSIONES

En todas las pruebas piloto de compostaje con pilas aireadas monitoreadas en el distrito de Los Molinos, se ha observado un incremento de la temperatura, alcanzando valores superiores a los 31°C. Este aumento de temperatura contribuyó a la eliminación de materiales plásticos, cartón y papel de las pilas de compostaje.

El desarrollo del compost a partir de residuos orgánicos y vegetales, utilizando pilas aireadas, ha sido efectivo para mejorar las áreas verdes públicas del Distrito de Los Molinos. Esta técnica ha demostrado ser eficaz en el mejoramiento de dichas áreas, cumpliendo los objetivos planteados para el distrito.

Según los resultados obtenidos en la planta de compostaje y desde una perspectiva ambiental, se concluye que el proceso de pulverización y mezcla de residuos orgánicos y vegetales domiciliarios generó una reacción biotérmica, resultado de la biodegradación biológica de la materia orgánica. Esto permitió obtener compost de grado 1, ya que la relación carbono/nitrógeno (C/N) se redujo de manera significativa. Además, se observó que ciertos materiales externos considerados indeseables, como los residuos de 2x4", pudieron ser integrados al proceso sin generar complicaciones adicionales.

Se determinó que el método más adecuado para la elaboración de compost mediante pilas aireadas incluye factores clave como la proporción correcta de materiales, la frecuencia y técnica de aireación, y el control adecuado de la humedad. Este enfoque permitió gestionar los residuos de manera sostenible, mejorando la fertilidad del suelo y disminuyendo la necesidad de fertilizantes químicos para el mantenimiento de los espacios verdes públicos.

La aireación regular de los residuos, realizada casi todos los días, evitó que la descomposición se concentrara únicamente en el centro de la pila, lo que permitió mantener una temperatura adecuada y la humedad en niveles óptimos. Estas condiciones fueron ideales para la actividad de los microorganismos aeróbicos, favoreciendo un proceso de compostaje eficiente y eficaz.

Por otro lado, se delimitó la influencia positiva del compost producido mediante el método de pilas aireadas en la salud del suelo y el desarrollo de la vegetación en los espacios verdes públicos del Distrito de Los Molinos. El compost generado impactó favorablemente en la retención de nutrientes en el suelo y contribuyó al incremento de la tasa de crecimiento y resistencia de las plantas. Estos efectos fueron determinantes para el embellecimiento y sostenibilidad de las áreas verdes públicas del distrito, mejorando la calidad y apariencia de estos espacios y promoviendo un desarrollo más saludable y duradero de la vegetación.

VI. RECOMENDACIONES

Se propone integrar dentro de la gestión ambiental de cualquier actividad económica un plan de manejo de residuos sólidos, con la participación activa y sensibilización tanto de clientes como de trabajadores. El objetivo es implementar de manera práctica la filosofía de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar), obteniendo como principal beneficio un producto biológico que no solo mantenga, sino que también aumente la fertilidad y mejore la calidad de los suelos.

La implementación del sistema de pilas aireadas se presenta como una alternativa viable para la recuperación de los residuos orgánicos y vegetales tanto de origen rural como urbano en el Distrito de Los Molinos. Este método permite prevenir el impacto ambiental, reducir los costos operativos, y producir un compost de alta calidad. Además, es fácil de implementar y mantener, ya que requiere solo de equipos básicos e instalaciones sencillas. El subproducto del compostaje puede ser utilizado en las propias áreas agrícolas del distrito, generando un beneficio adicional para la economía rural.

Recomendaciones para fortalecer el compostaje en el Distrito de Los Molinos:

Programas municipales de recolección y compostaje: Se recomienda institucionalizar programas que incluyan campañas de concienciación ciudadana sobre la separación de residuos en origen y el compostaje doméstico. Esto aumentará la cantidad de material disponible para la creación de compost, optimizando el uso de los residuos orgánicos y contribuyendo al mejoramiento de las áreas verdes.

Se sugiere implementar un protocolo estandarizado de compostaje, que defina las proporciones de los materiales, la técnica de aireación y el control de la humedad. Es esencial capacitar al personal responsable en el manejo adecuado de las pilas de compost, enfatizando la importancia de la frecuencia de aireación y la supervisión de la humedad para asegurar una producción continua de compost de calidad.

Para maximizar los beneficios del compost en la salud del suelo y la vegetación, se recomienda realizar monitoreos periódicos de la calidad del compost y su impacto en las áreas verdes públicas. Además, es importante llevar a cabo estudios complementarios que analicen el efecto a largo plazo del compost sobre la biodiversidad y la estructura del suelo. Estos estudios permitirían ajustar la dosis y la frecuencia de aplicación del compost según las necesidades específicas de cada tipo de vegetación en los espacios públicos.

Participación ciudadana y logística: Es crucial que los residentes del Distrito de Los Molinos participen activamente en los programas de recolección y compostaje. Para facilitar la logística, es recomendable utilizar camiones recolectores o volquetes específicos para el transporte de los residuos hacia los vertederos finales. La mejora en la infraestructura de recolección y transporte interno será fundamental para optimizar el proceso.

Implementar estas medidas garantizará una gestión más eficiente y sostenible de los residuos, promoviendo al mismo tiempo el desarrollo económico y ambiental del Distrito de Los Molinos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Universidad Pontificia Bolivariana, “Manejo de residuos sólidos.”
- [2] Ministerio del Ambiente, “Plan Nacional De Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2016, *Ministerio del Ambiente, Lima - Perú, Lima*. [Online]. Available: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
- [3] MINAM, “Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,” p. 46, 2019.
- [4] A. Sæbø and F. Ferrini, “The use of compost in urban green areas – A review for practical application,” *ELSEIVER*, vol. 4, no. 2006, pp. 159–169, 2010, doi: 10.1016/j.ufug.2006.01.003.
- [5] D. Villegas Hernandez, “Propuesta Socio-Ambiental para el Compostaje de los Residuos Solidos Orgánicos,” p. 162, 2010.
- [6] Ministerio del Ambiente, “Sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013,” *Minam*, p. 137, 2014.
- [7] F. Amlinger, B. Götz, P. Dreher, and J. Geszti, “Nitrogen in biowaste and yard waste compost : dynamics of mobilisation and availability — a review,” vol. 39, no. December 2002, pp. 107–116, 2003, doi: 10.1016/S1164-5563(03)00026-8.
- [8] C. Bautista Parejo, “Residuos. guía técnico jurídica,” *Mundi-Prensa*, p. 2, 1998.
- [9] L. A. Gallego Otalvaro and C. F. Rivera Murillo, “Formulación de una propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una gestión ambiental sostenible,” *universidad el bosque*, 2019.
- [10] V. Alvarez Abelo, “Comportamiento agronómico del haba (*Vicia faba* L.) en suelos mejorados con diferentes niveles de compost elaborado a partir de desechos sólidos urbanos en Cota Cota,” *universidad mayor de san andres*, 2014.
- [11] V. C. Cabrera Cordova and M. G. Rossi Luna, “Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores,” *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2016.
- [12] L. M. Soria Ttito, “APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

- COMO ABONO ORGANICO EN MUNICIPALIDADES DISTRITALES,”
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA, 2018. [Online].
Available:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6242/FSMsottlm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] R. V. Ayala Alarco, J. Ramírez Peralta, J. Rey Sánchez Vargas, and M. I. Taxa Villegas, “Desarrollo de un modelo de negocio de compostaje de residuos sólidos orgánicos para la comercialización de abono orgánico,” Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020.
- [14] Guerrero, *medio ambiente y desarrollo sustentable*. Medio ambiente y ecología, fertilizantes comerciales. Barcelona, España., 1993.
- [15] F. Produce, *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. sinaloa, 2019.
- [16] Uribe, “Taller de Abonos Orgánicos,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2003, doi: 10.1023/A:1009738307837.
- [17] Gallardo Minaya, “Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana,” library.
- [18] J. Abellan and J. Palacios, “Manual De Compostaje,” *Minist. Medio Ambient. Y Medio Rural Y Mar.*, vol. 2, pp. 11–24, 2015.
- [19] R. Navarro, “Manual para hacer composta Aeróbica,” *CESTA. Amigos la Tierra. San Salvador. El Salvador*, p. 21, 2003.
- [20] X. Elias, “Tecnologías aplicables al tratamiento de residuos,” 2012.
- [21] J. M. Alvarez de la Puente, “Manual de Compostaje para Agricultura Ecologica,” *Compost. para Agric. Ecol.*, no. February 2010, p. 49, 2006, doi: 10.13140/RG.2.2.20182.24647.
- [22] J. MORENO CASCO, “Compostaje,” *Mundiprensa*, p. 2, 2008.
- [23] C. Torres Yabar, “Evaluación del compost a partir de los residuos orgánicos del Centro de Abastos Grau para el mejoramiento de suelos del distrito La Yarada-Los Palos, Tacna-2018,” Universidad Católica de Santa María, 2019.
- [24] J. Arrigoni, “Optimización del proceso de compostaje de pequeña escala,” pp. 1–190, 2016.
- [25] G. Mendoza Huamani, “Mejora en el rendimiento del cultivo de palpa Hass (Persea americana ‘ hass ’) mediante la instalacion de un biodigestor en el Fundo Huachacmaran,”

Universidad de Lima, 2021.

- [26] INACAL, “Norma Técnica Peruana 900.058.2019,” *Inst. Nac. Calid.*, pp. 1–14, 2019.
- [27] María Pilar Martínez Jiménez, “tecnologías aplicables al tratamiento de residuos,” Dialnet.
- [28] J. Moreno Casco and R. Moral Herrero, “Compostaje,” Mundi-Prensa.
- [29] OEFA, “Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial,” 2015.
- [30] L. 27314, “Ley general de residuos,” 2000, *el peruano, lima Perú-2000*.
- [31] M. y P. Abad, “Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de Bunol (Valencia) con fines hortícolas. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Bunol, Valencia, 100 p. - Referencias - Editorial Investigación Científica.”
- [32] D. Cajamarca, “Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos,” *Univ. Cuenca*, p. 118, 2012.
- [33] C. Gutiérrez Martín, “Determinación y control de olores en la gestión de residuos orgánicos,” UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, 2013.
- [34] D. Sztern and M. Pravia, “Manual Para La Elaboración De Compost Bases Conceptuales Y Procedimientos,” *Unidad Desarro. Munic. Organ. Panam. La Salud Organ. Mund. La Salud*, p. 69, 1999.
- [35] D. Vásquez Proaño, “Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2008.
- [36] E. Ávila Soler, “Biogas : Opción real de seguridad energética para México ,” Instituto Politécnico Nacional, 2009.
- [37] B. Escobar López, “Percepción Del Manejo De Residuos Sólidos En La Comunidad De La Pontificia Universidad Javeriana,” 2014.
- [38] C. Mendoza, “Plan de minimización y manejo de residuos sólidos para una planta cementera en Piura,” *Univ. Piura*, p. 137, 2019, [Online]. Available: <https://pirhua.udp.edu.pe/handle/11042/4051>
- [39] E. Galarza Contreras, “Residuos y áreas verdes,” *Minist. del Ambient.*, p. 36, 2016.
- [40] J. González, “Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución,” *Rev. Gestión y Región*, no. 22, pp. 101–119, 2016.

- [41] Ecoembes, “Conoce cómo se clasifican los residuos.”
- [42] Minam, “Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”.
- [43] J. A. Solis Quispe, “Actitud de conservación del medio ambiente y su relación con estrategias de formación ambiental en estudiantes de la facultad de educación – UNSAAC,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, 2018.
- [44] L. martinez centeno, “RESIDUOS,” p. 32, 2008.
- [45] W. MARTINEZ LARICO, “TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS DE MERCADOS MEDIANTE COMPOSTAJE AEROTÉRMICO PARA LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO EN LA CIUDAD DE JULIACA – 2017,” UNIVERSIDAD ANDINA, 2020. [Online]. Available: http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/4962/T036_70476965_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [46] “San José de los Molinos - Wikipedia, la enciclopedia libre.” Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/San_José_de_los_Molinos
- [47] INEI, *Instituto Nacional de estadística e Informática. Sistema ESTADÍSTICO nacional*. Oficina Departamental de Estadística e Informática de ICA, 2017.
- [48] R. Hernandez, C. Fernandez, and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Sexta Edic. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2014.
- [49] M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica. Incluye evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*, Cuarta Edi. Mexico - Mexico, 2003.
- [50] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, and M. del P. Baptista Lucio, *Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa*. 2010.
- [51] E. Cabezas, D. Andrade, and J. Torres, *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Ecuador, 2018.
- [52] S. Carrasco Diaz, “Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación,” Universidad de San Martín de Porres.
- [53] MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE DE LOS MOLINOS, “PROGRAMA MUNICIPAL DE

- EDUCACIÓN, CULTURA Y CIUDADANIA AMBIENTAL,” 2022, *Ica-Peru*. [Online]. Available: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/pme-_md_san_jose_de_los_molinos_2022.pdf
- [54] P. Román, M. M. Martínez, and A. Pantoja, *Manual de compostaje del agricultor*. 2013. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- [55] S. M. Puerta Echeverri, “Los residuos solidos urbanos como acondicionadores de suelos,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 1, pp. 56–65, 2004, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511009>