

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Ambiental

**“EFICIENCIA DE DOS TÉCNICAS DE COMPOSTAJE  
DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL  
DISTRITO DE PEDRO GÁLVEZ - SAN MARCOS  
2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Bilmer Jamil Castañeda Cotrina  
Cristhian Alexander Castañeda Fernández

**Asesor:**

M. Cs Sara Esther García Alva  
<https://orcid.org/0000-0002-3867-5084>

Cajamarca – Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente	Marieta Cervante Peralta	29425048
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2 Secretario	Irma Horna Hernández	40317442
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3 Integrante	Juan Carlos Cerna Flores	18898536
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 4 Accesitario	Maryuri Yohana Vega Eras	40731433
	Nombre y Apellidos	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### EFICIENCIA DE DOS TÉCNICAS DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PEDRO GÁLVEZ - SAN MARCOS 2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	4%
2	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unab.cl Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%

## **DEDICATORIA**

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por guiarme en mi camino, a mis padres ya que siempre tuve su apoyo para cumplir mis objetivos; también quiero agradecer a cada uno de nuestros docentes por la paciencia al transmitir sus conocimientos necesarios, quiero agradecer a la universidad por su exigencia y el compromiso que tiene con cada uno de sus estudiantes.

Cristhian Alexander Castañeda Fernández

Esta investigación esta dedica a mis padres por su sacrificio y esfuerzo por estar siempre ahí brindándome su cariño apoyo y comprensión. Así mismo, a mi hermana por ser mi ejemplo y fuente de motivación para ir superándome día a día.

Bilmer Jamil Castañeda Cotrina

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente quiero dedicar este logro a mis padres que siempre han estado apoyándome ya que ellos estuvieron en momentos buenos y malos. gracias por enseñarme a salir adelante en momentos difíciles; este logro también es dedicado a mi familia en general ya que ellos estuvieron apoyando para lograr este objetivo.

Cristhian Alexander Castañeda Fernández

Agradecer a Dios por darme vida y salud, para poder formarme en esta digna institución. Agradezco a cada uno de los docentes ya que todos fueron esenciales para mi formación. Un agradecimiento para todos mis compañeros ya que con sus consejos, ideas y apoyo hicieron que cada una de estas etapas sean más sencillas y que cada momento vivido durante estos 5 años fueron especiales significativos para el recuerdo.

Bilmer Jamil Castañeda Cotrina

## TABLA DE CONTENIDO

<i>JURADO EVALUADOR</i> .....	2
<i>INFORME DE SIMILITUD</i> .....	3
<i>DEDICATORIA</i> .....	4
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	5
<i>Tabla de contenido</i> .....	6
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	7
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	8
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i> .....	10
<i>RESUMEN</i> .....	11
<i>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</i> .....	12
<b>1. Realidad Problemática</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Formulación del problema</b> .....	<b>32</b>
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>32</b>
<b>4. Hipótesis</b> .....	<b>33</b>
<i>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</i> .....	34
<i>CAPITULO III: RESULTADOS</i> .....	48
<i>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</i> .....	62
<i>REFERENCIAS</i> .....	67
<i>ANEXOS</i> .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Generación de residuos municipales del 2017 – 2021 .....	24
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas de los puntos de muestreo .....	35
<b>Tabla 3.</b> Accesibilidad a la planta de compostaje N°02 - El Palenque. ....	37
<b>Tabla 4.</b> Distribución de pilas .....	39
<b>Tabla 5.</b> Medidas de las pilas .....	40
<b>Tabla 6.</b> Acciones en la muestra control por semana.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 7.</b> Acciones en la pila de EM – compost por semana .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 8.</b> Acciones por semana en la pila con la técnica de vermicompostaje;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 9.</b> Parámetros a analizar según el Manual de Compostaje del Agricultor experiencias en América Latina – FAO.....	45
<b>Tabla 10.</b> Valores óptimos para el vermicompostaje según el Manual de Compostaje del Agricultor experiencias en América Latina – FAO. ....	46
<b>Tabla 11.</b> Metodología de ensayo aplicada por laboratorio INIA.....	47
<b>Tabla 12.</b> Resultados del pH y T° de las muestras control. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 13.</b> Resultados del pH y T° del Vermicompost. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 14.</b> Resultados del pH y T° del EM - Compost. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 15.</b> Promedio de los resultados por parámetro de cada técnica .....	49
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de humedad para la muestra control .....	52
<b>Tabla 17.</b> Porcentaje de humedad para el vermicompostaje .....	53
<b>Tabla 18.</b> Porcentaje de humedad para el EM - COMPOST .....	54
<b>Tabla 19.</b> Parámetros evaluados por laboratorio INIA .....	56
<b>Tabla 20.</b> Datos descriptivos .....	59
<b>Tabla 21.</b> Prueba de normalidad .....	60

<b>Tabla 22.</b> Coeficiente de Pearson.....	61
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Disminución de residuos municipales desde el 2017 - 2021.....	25
<b>Figura 2.</b> <i>Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento “El Palenque”</i> .....	36
<b>Figura 3.</b> Ruta de la ciudad de San Marcos hacia la planta de compostaje N°02 - El Palenque .	37
<b>Figura 4.</b> Peso de los residuos sólidos orgánicos.....	38
<b>Figura 5.</b> Distribución de los residuos por cada pila.....	39
<b>Figura 6.</b> Medidas de las pilas .....	40
<b>Figura 7.</b> Producto del EM – COMPOST (Microorganismos Eficaces) .....	42
<b>Figura 8.</b> Eiseña foetida en la pila de compostaje .....	42
<b>Figura 9.</b> Diagrama de flujo del procedimiento de las técnicas empleadas.....	43
<b>Figura 10.</b> Promedio de pH por semana de cada técnica .....	51
<b>Figura 11.</b> Promedio de la temperatura por semana de cada técnica.....	51
<b>Figura 12.</b> Contrastación del Porcentaje de humedad por técnica.....	55
<b>Figura 13.</b> Potencial de Hidrogeno de cada técnica.....	56
<b>Figura 14.</b> Conductividad eléctrica de cada técnica .....	57
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de materia orgánica de cada técnica .....	57
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de nitrógeno de cada técnica.....	58
<b>Figura 17.</b> Relación C/N de cada técnica.....	58
<b>Figura 18.</b> Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos “El Palenque” .....	72
<b>Figura 19.</b> Elaboración de las pilas con ladrillos .....	72
<b>Figura 20.</b> Toma de pesos de residuos orgánicos municipales .....	73
<b>Figura 21.</b> Toma de pesos de residuos orgánicos municipales .....	73



<b>Figura 22.</b> Picado de verduras y armazón de pilas SEM-1 .....	74
<b>Figura 23.</b> Picado de verduras y armazón de pilas SEM-1 .....	74
<b>Figura 24.</b> Producto de EM – Compost (Microorganismos Eficaces).....	75
<b>Figura 25.</b> Preparación del EM-COMPOST semana 3.....	75
<b>Figura 26.</b> Siembra de lombrices Eisenia foetida - SEM 4.....	76
<b>Figura 27.</b> Riego en las pilas de la técnica de Vermicompostaje .....	76
<b>Figura 28.</b> Riego en las pilas de la técnica de EM -Compost .....	77
<b>Figura 29.</b> Riego en las pilas.....	77
<b>Figura 30.</b> Toma de pH en la técnica de Vermicompostaje.....	78
<b>Figura 31.</b> Toma de pH en la técnica de EM – Compost.....	78
<b>Figura 32.</b> Envío de muestras a laboratorio – Muestra control.....	79
<b>Figura 33.</b> Envío de muestras a laboratorio – Vermicompostaje.....	79
<b>Figura 34.</b> Envío de muestras a laboratorio – EM – Compost.....	80
<b>Figura 35.</b> Informe de ensayo de laboratorio INIA .....	81
<b>Figura 36.</b> Fichas de campo .....	84

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.....</b>	<b>46</b>
------------------------	-----------

## RESUMEN

El presente tema de investigación plantea realizar compostaje a través de los residuos, así se formuló como objetivo general, determinar la eficiencia de cada técnica (vermicompostaje y EM Compost) de compostaje de residuos orgánicos generados en el distrito de Pedro Gálvez - San Marcos 2022, utilizando una metodología experimental, iniciando con la elaboración de 2 pilas por técnica, en cada una se le adicionó 96kg de residuos orgánicos, el proceso duró 16 semanas, donde por semana se registraron los parámetros de pH, Temperatura, Peso y % Humedad; a la vez de manera simultánea para cada pila se realizaron las actividades de riego, volteo y picado; ya en la última semana se mandaron muestras a laboratorio para analizar los parámetros de conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno y relación C/N. Posterior al análisis se pudo concluir que la eficiencia de cada técnica se determinó por su tiempo de producción en relación con la temperatura que presentaron; donde Vermicompostaje alcanzó la etapa de maduración en la semana 11 a 26,5 °C, con un pH de 8.6, humedad entre 48.85% y 51.65%, CE de 10.1 mS/m, materia orgánica de 27.7%, N de 1.1% y una relación C/N de 17.35; el EM - Compost alcanzó esta etapa en la semana 12 a 25 °C, con un pH de 8.1, humedad entre 49.75% y 50.8%, CE de 11.3 mS/m, materia orgánica de 26.4%, N de 1%, y una relación C/N de 15.24; por último, la muestra control lo logró en la semana 14 a 23,5 °C, con un pH de 8.1, humedad entre 48.1% y 52.6%, CE de 9.5 mS/m, materia orgánica de 23.7%, N de 1.3%, y una relación C/N de 10.82.

**PALABRAS CLAVES:** Vermicompostaje, EM – Compost, Compostaje.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1. Realidad Problemática

La generación de residuos en la actualidad ha ido en aumento de manera considerable, siendo la tasa de urbanización y el desarrollo económico, variables que están estrechamente correlacionadas, ya que, a mayor consumo de bienes y servicios, mayor es la cantidad de desechos generados (Hoornweg et al, 2012).

A nivel mundial, los países con ingresos altos llegan a generar el 34 % de residuos globales, es decir, alrededor de 683 millones de toneladas, mientras que los países con ingresos bajos sólo producen el 5 % (93 millones de toneladas); siendo países como Canadá, Bermudas y Estados Unidos los que generan la mayor cantidad media de residuos per cápita (2,21 kg/día) en la región de Norteamérica, África subsahariana con 0,46 kg/día, Asia meridional con 0,52 kg/día, y Asia oriental y el Pacífico con 0,56 kg/día (Kaza et al., 2018). En el caso de América Latina y el Caribe, se estima que la cantidad de residuos sólidos producidos ha alcanzado un aproximado de 540 000 ton/día, procediendo más de la mitad de estos de un origen orgánico (ONU, 2017). La gestión de residuos sólidos orgánicos llega a ser muy importante, debido a los impactos ambientales negativos que se generan por su mala disposición; es por ello, que se han llegado a implementar diversas técnicas para su aprovechamiento (Penagos et al., 2011). Dentro de la región, países como Colombia y Puerto Rico, son los que tienen un mayor porcentaje de aprovechamiento de estos residuos,

hallándose como método predominante al reciclaje y, en menor proporción, al compostaje (Segura et al., 2020).

El compostaje es un proceso que ayuda a la transformación de los biorresiduos que normalmente son incinerados, enterrados o desechados a la intemperie, en insumos para el mejoramiento de la estructura y nutrientes del suelo mediante el metabolismo microbiano, esto con la finalidad de convertir el nitrógeno y el carbono presentes, en un sustrato más estable denominado compost (Román et al., 2013). Existen diversos métodos para la producción de compost, entre los cuales se encuentran: el método Indore, el método Bangalore, compostaje NADEP, compostaje de residuos sólidos municipales (MSW), compostaje ADCO, compostaje enriquecido y el Vermicompostaje (Niladri et al., 2019).

De los últimos mencionados, el compostaje enriquecido genera un producto final mucho más concentrado que el compost normal, esto mediante la incorporación de nitrógeno, fósforo, potasio y/o bioinoculantes (microorganismos eficientes) en la fase inicial y la fase intermedia del proceso de descomposición (Huayllani, 2017). De igual manera, el Vermicompostaje, como técnica para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos produce un sustrato rico en nutrientes, dándose todo el proceso en condiciones mesófilas, es decir, en un rango de temperatura de 35 – 45 °C (Niladri et al., 2019).

Según una nota de prensa reciente, “Municipalidad de Cajamarca prevé producir mil toneladas de abono orgánico en lo que resta del año a través de planta de valoración de residuos”, indican que la planta de valorización es de gran apoyo ya que en ella se procesa el 65 % de los residuos orgánicos generados en la ciudad de Cajamarca, a través de la

producción de compost y humus de lombriz, con la finalidad de evitar el incremento de la carga de la planta de tratamiento y reducir los gases tóxicos. Para los finales del año 2022 tienen provisto generar alrededor de mil toneladas de abono orgánico (compost). (Plataforma digital única del Estado Peruano, 2022)

Para esta investigación se tomaron en cuenta diversos antecedentes que ayudaron como fundamento teórico para elaboración de esta tesis, los cuales fueron internacionales, nacionales y locales. Dentro de los antecedentes internacionales se tienen los siguientes:

La investigación de Rabb (2017), realizada en el EcoParque de Peñalolén, Chile, tuvo por objetivo estudiar la influencia del uso del digestato anaerobio y microorganismos eficientes en el proceso de compostaje de residuos de feria. Comprendió la elaboración de 6 tratamientos con sustratos base de residuos de feria, restos de poda y suelo, de los cuales, el tratamiento 1 (T1) fue considerado el compostaje control, los tratamientos 2 (T2) y 4 (T4) fueron inoculados con guano de caballo, los tratamientos 3 (T3), 4 (T4) y 6 (T6) con microorganismos eficientes (EM), y los tratamientos 5 (T5) y 6 (T6) con digestato anaerobio en fase líquida. Los resultados obtenidos fueron que el periodo con mayor degradación de la materia orgánica se dio en los primeros 14 días, siendo los tratamientos con guano-EM, EM y EM-digestato los que tuvieron una mayor eficacia y velocidad de degradación de la materia orgánica. Todos los tratamientos alcanzaron la fase termófila en el primer día, registrándose temperaturas mayores a 50 °C; T3 y T4 tuvieron los valores más altos de temperatura (64,8 °C y 63,7 °C) en el quinto día; T5 tuvo una duración de la etapa termófila de 7 días y registró una disminución más rápida de temperatura que los demás tratamientos; por otro lado, la fase de enfriamiento comenzó entre los días 8 y 23 hasta el día 37,

oscilando el rango de temperatura entre los 44,6 °C y 25,9 °C; entre los días 38 y 49 los tratamientos entraron en la fase de maduración, donde el promedio de temperaturas estuvieron entre 25,9 °C – 25,0 °C. La humedad en todas las pilas fue del 35 % en el primer día, a pesar de que inicialmente las pilas habían sido montadas con 60 % de humedad; a partir de esto se adicionó más agente hidratante (agua o digestato) hasta lograr valores más estables de humedad (50 – 55 %). En el caso del pH, se inició con valores en un rango neutro (T1: 6,37; T2: 7,22; T3: 7,85; T4: 7,68; T5: 6,39; T6: 6,11) y paulatinamente fue aumentando a valores más estables (8,25 – 8,50), siendo el T3 el tratamiento con menor pH (8,25) y el T1 con mayor valor (8,50); en el día 44 es donde se registraron los valores más altos de pH (T1: 8,36; T2: 8,77; T3: 8,47; T4: 8,55; T5: 8,94; T6: 8,99). La caracterización fisicoquímica final de cada tratamiento fue la siguiente: T1 (C: 7,02 %; N: 0,31 %; C/N: 22,5; T: 25,7 °C; humedad: 54,9 %; pH: 8,32; conductividad eléctrica: 0,0031 dS/m), T2 (C: 6,50 %; N: 0,37 %; C/N: 17,4; T: 26,2 °C; humedad: 52,9 %; pH: 8,49; conductividad eléctrica: 0,0061 dS/m), T3 (C: 4,90 %; N: 0,35 %; C/N: 13,9; T: 25,2 °C; humedad: 53,0 %; pH: 8,25; conductividad eléctrica: 0,0031 dS/m), T4 (C: 5,95 %; N: 0,42 %; C/N: 14,2; T: 25,9 °C; humedad: 52,3 %; pH: 8,36; conductividad eléctrica: 0,0034 dS/m), T5 (C: 4,54 %; N: 0,29 %; C/N: 15,7; T: 26 °C; humedad: 53,1 %; pH: 8,48; conductividad eléctrica: 0,0040 dS/m), T6 (C: 5,05 %; N: 0,33 %; C/N: 15,2; T: 26,4 °C; humedad: 53,5 %; pH: 8,45; conductividad eléctrica: 0,0044 dS/m). A partir de esto, se deduce que la adición de EM y/o digestato, generan una mayor eficiencia, menor tiempo de operación y una mejor calidad del producto final en el proceso de compostaje.

Salinas-Vásquez et al. (2014) en su investigación tuvo por objetivo evaluar la calidad química del humus de la *Eisenia foetida* hecho a partir de cuatro sustratos

orgánicos en Arica. Se trabajó con cinco tratamientos: T0 (control), T1, T2, T3 y T4. El sustrato para cada uno de ellos constó de: T0: suelo agrícola (100%), T1: rastrojos de tomate y pimentón (proporción 1:1), T2: mezcla de suelo y rastrojos de tomate (1:1), T3: rastrojos ornamentales de *Ficus sp.*, *Hibiscus sp.* y *Cynodon sp* (1:1:3), T4: rastrojos de olivo y tomate (1:1); estos, al ser estabilizados, se dispusieron en bandejas de madera con 4 kg de sustrato con 100 individuos de *Eisenia foetida*, asimismo, se midieron los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de materia orgánica, relación C/N, nitrógeno, fósforo y potasio, antes de la inoculación y después de 90 días. Los resultados obtenidos al final del proceso de compostaje para cada parámetro fueron: el pH (T0: 8,6; T1: 8,5; T2: 8,6; T3: 7,86; T4: 7,9); la CE disminuyó en todos los tratamientos, siendo la mayor reducción en el T1 (73,6%), mientras los demás estuvieron entre el 18 % y 51 % (T0: 0,8 dS/m; T1: 2,13 dS/m; T2: 0,88 dS/m; T3: 1,38 dS/m; T4: 1,93 dS/m); el porcentaje de materia orgánica aumentó en todos los tratamientos, excepto en el T2 (T0: 6,9 %; T1: 37,9 %; T2: 12,9 %; T3: 31,6 %; T4: 44,3 %); la relación C/N aumentó en T0, T1, T3 y T4 (T0: 4,51; T1: 17,46; T2: 8,02; T3: 14,04; T4: 16,05) con un ligero descenso del nitrógeno total (T0: 0,98 %; T1: 1,25 %; T2: 0,94 %; T3: 1,32 %; T4: 1,6 %); el fósforo disminuyó en un rango del 17,6 % al 63,89 % (T0: 0,07 %; T1: 0,13 %; T2: 0,1 %; T3: 0,12 %; T4: 0,13 %); y el potasio también registró una reducción en todos los tratamientos, excepto el T0. A partir de esto, se observa que los sustratos utilizados fueron óptimos para el crecimiento y el desarrollo de la *E. foetida*; de la misma manera, la combinación de distintos materiales vegetales (especialmente de herbáceas y leñosas) producen un compost de alto valor biológico.

Medina (2019), en su tesis tuvo como objetivo evaluar la calidad del Vermicompostaje con estiércol de bovino y residuos sólidos orgánicos con y sin sustrato



de *Pleurotus* spp., caracterizando la materia orgánica soluble y parámetros fisicoquímicos, así indicar cual es el mejor abono. Como metodología empleo el diseño experimental, donde elaboró cuatro vermicompostas con cuatro repeticiones, las cuales fueron: estiércol de bovino + residuos orgánicos + sustrato postcosecha del hongo *Pleurotus* spp. (EE-R-H) y sin sustrato postcosecha del hongo (EE-R), así como estiércol de bovino + residuos orgánicos + sustrato postcosecha del hongo *Pleurotus* spp. (EB-RH) y sin sustrato postcosecha del hongo (EB-R). Su proceso duró alrededor de 50 días, durante los cuales se tomaron muestras para la determinación de pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), y Nitrógeno (N). Como resultados mostraron un pH de 8,1, 8,7 y 9,5 para EB-R-H, EE-R-H y EE-R como para EB-R respectivamente, siendo los dos primeros tratamientos los que se encuentran más cercanos al rango establecido por la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI2007, en cuanto a la Conductividad Eléctrica fue menor a 4 dS m<sup>-1</sup> por lo que no se considera salina y el contenido de nitrógeno fue mayor al 4 %, mientras que la Materia Organiza Soluble de las vermicompostas con sustrato postcosecha del hongo *Pleurotus* spp. indican que obtuvieron alto contenido en proteínas, carbohidratos y ácidos carboxílicos; es así como el autor lo considera como el producto más adecuado para su uso como abono a modo fuente de nutrimentos ya que favorecen la germinación y el crecimiento radicular de la planta.

Los antecedentes nacionales comprenden las siguientes investigaciones:

El trabajo de investigación realizado en Chachapoyas por el autor Iliquín (2014) tuvo como finalidad producir compost utilizando residuos orgánicos generados en el camal municipal y viviendas urbanas, aplicando los métodos Takakura y EM – Compost. Empleó tanto residuos sólidos que recolectaron de los hogares de

Chachapoyas como los recogidos en el camal. Para su metodología empezaron instalando camas composteras de 1.3 x 0.8 m., donde añadieron los residuos e iniciaron con los métodos seleccionados; a la vez consideraron tener una muestra testigo, así aplicaron un experimento factorial del tipo 3 A x 3 B bajo un DCA con 3 repeticiones, esto les permitió hallar el tiempo de maduración, rendimiento, para saber cuál de las dos técnicas es más efectiva al momento realizar un compostaje; asimismo consideraron sacar sus muestras en los días 21, 45, 70 y 223, respectivamente. Como resultado obtuvieron que el método Takakura obtuvo mejor tiempo de maduración con 57,67 días mientras que el método de EM – Compost obtuvo su maduración a los 62 días; sin embargo, el mayor rendimiento lo tuvo EM – Compost con un 19,90%, por lo que determinaron que es el más efectivo, con respecto a este método presento las siguientes características fisicoquímicas, materia orgánica 23,93%, carbono 13,29 %, nitrógeno 1,31 %, fosforo 0,54 %, relación C/N 10,12, pH 7,5, conductividad eléctrica 5,02 dS/m, humedad 53,77%, densidad aparente 468,37 kg/m<sup>3</sup>, porosidad 87,98 %, espacio de aire libre (FAS) 62,59 %, olor a tierra húmeda y color negrizco.

Najar (2014) realizó una investigación en Carhuaz, Ancash, con el fin de evaluar la eficiencia en la producción de compost comparando la práctica convencional con la aplicación de la tecnología EM a partir de residuos orgánicos municipales. Las muestras constaron en un total de 10, testigos (SEM):5 y con el tratamiento EM (CEM): 5. El procesamiento y análisis de datos se efectuó mediante la prueba de análisis de varianza (ANOVA), la valoración de la distribución de Fisher ( $\alpha=0,05$ ) y la prueba de comparación múltiple de Duncan ( $\alpha=0,05$ ); de este modo, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: tiempo de compostaje: CEM – un promedio de 2 meses y 23 días, SEM – promedio de 5 meses y 14 días; olor: CEM – olor a tierra de bosque,

SEM – olor a putrefacto; color: CEM – marrón oscuro, SEM – marrón claro; calidad nutricional: CEM – MO:20,71 %, N:0,89 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0,94 %, K<sub>2</sub>O: 1,14 %, SEM – MO:19,74 %, N:0,89 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0,99 %, K<sub>2</sub>O: 0,94 %. A partir de esto, se concluye que la producción de compost con EM (CEM) fue más eficiente que la producción de compost convencional (SEM), presentando menor tiempo de elaboración frente al SEM, nutrientes más estables a excepción del P y Mg.

En el departamento de Puno, Condori et. al. (2019) evaluaron los métodos de compostaje de residuos sólidos para lo cual llegaron a emplear los métodos de vermicompost (T1), EM – Compost (T2) y control (T3), donde el primero se basaba en que utilizaran lombrices rojas californianas, para el cual hicieron unos hoyos cuadrados de 50cm de profundidad que servirían como composteras; para el segundo método (T2) emplearon microorganismos eficientes (EM), en este caso instalaron camas composteras con un área de 1m<sup>2</sup> y para el T3 solo usaron residuos orgánicos. Es importante señalar que los autores para el T2 y T3 agregaron estiércol vacuno y residuos orgánicos recolectados. Para su metodología utilizaron dos repeticiones por método, donde tuvieron un total de seis unidades experimentales, para que puedan determinar el tiempo de maduración y así identifiquen la técnica más efectiva al realizar el compostaje. Como conclusión determinaron que el T2 y T3 son diferentes al T1 (vermicompost) con respecto a su tiempo promedio de maduración, ya que el T1 maduró a los 93 días, mientras que el T2 tuvo un tiempo de 36,5 días y el T3 39,5 días, así identificaron que el T2 es el más efectivo.

La investigación realizada por Avellaneda, F. (2019) se basó en crear un protocolo para medir la eficiencia de la utilización de microorganismos en la producción de compost a partir de residuos orgánicos, donde para la elaboración del compost

utilizaron como técnica dos camas simples, una correspondiente al grupo testigo y otra al grupo experimental con empleo de EM; donde evaluaron diversas variables (temperatura, % de materia orgánica descompuesta, % C, %N, %P y relación de C/N) una vez por semana hasta el día de la cosecha (94 día). Donde como resultado obtuvieron que en la pila control tenía 1,28 %N, 1,06 %P y 0,86 %K; mientras que en la pila con EM obtuvo 1,56 %N, 1,26 %P y 0,95 %K; y con respecto a la temperatura, en la pila control se mantuvo a 53 °C y el compost con EM tenía 66 °C, lo que indica que hay una actividad microbiana. Así concluye que obtuvieron resultados favorables con el uso del EM para la elaboración de compost.

Finalmente, dentro de los antecedentes locales, se han considerado los siguientes:

A la vez existen diversos estudios que afirman la importancia de los residuos orgánicos para elaborar el compostaje, como lo indica García (2020), el cual determinó la influencia de los residuos orgánicos para la elaboración de compost en el distrito de Bambamarca. Su metodología dio inicio con la recolección de los residuos orgánicos de diversos establecimientos como el mercado central o viviendas del mismo distrito de Bambamarca, una vez acoplados fueron depositados en planta de compostaje con geomembrana para su valorización y así empieza con el proceso de transformación donde para acelerar su descomposición hizo uso del método EM – compost (microorganismos eficaces); entonces para determinar su eficiencia analizó los parámetros de la conductividad eléctrica, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, pH., CaO, MgO, Na, es importante señalar que el tratamiento tuvo una duración de tres meses. Así, el autor pasado el tiempo del proceso, logró conseguir un total de 9600kg de compost y con respecto a este método presentó las siguientes características, 9,05 de pH, 4,52dS/m de

conductividad eléctrica, 1,07 %N, 0,53 %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 17,26 %CaO, 1,56 %K<sub>2</sub>O, 0,83 %MgO y 0,13 Na.

En la provincia de Jaén, Elera y Olano (2019), en la planta de tratamiento de residuos sólidos La Pushura, determinaron la calidad del compost mediante la aplicación de EM, a través de la evaluación de las características físicas, químicas y microbiológicas del compost; asimismo, determinaron la calidad de este según la normativa chilena 2880. Para ello, con los residuos orgánicos homogenizados y triturados (< 7 cm), se hicieron las pilas en un espacio de 2 metros de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de altura. Por otro lado, se reprodujeron los microorganismos eficientes de manera natural, es decir, se mezcló 100 g de levadura con 3 L de leche junto con 2 tapas de chancaca; asimismo, se realizó la mezcla de 2,5 kg de estiércol de ganado vacuno con 30 L de agua sin clorar para después incorporar al producto anterior. La incorporación del EM a las pilas de compostaje se hizo una vez por semana, desde el primer día de conformación hasta la etapa de maduración, realizándose el riego cuando las pilas presentaran una humedad menor al 30 %. Cuando llegó a la etapa de maduración la temperatura en la pila de compost descendió y estuvo acorde con la temperatura ambiente, de la misma manera, hubo una coloración marrón oscura, esponjosa y de olor terroso. Dentro de los parámetros medidos, se registró una pérdida de peso de residuo orgánico tanto de la pila que sirvió como control y la que fue inoculada con EM; en la primera pila el peso se redujo a 161 kg respecto a los 260 kg de peso inicial, mientras que en la segunda pila el peso final fue de 151 kg de los 260 kg iniciales. La temperatura máxima del tratamiento sin EM fue de 55,5 °C y la menor de 27 °C, mientras que en la pila con EM fue de 58 °C y la mínima de 28 °C. El resultado promedio en pH fue de: Pila control (PT): 8,85; pila con EM (P-EM): 8,75. La humedad

promedio: PT: 22%; P-EM: 30,80%. Materia orgánica: PT: 26,69; P-EM:38,92. Color: PT: marrón claro; P-EM: marrón oscuro. Nitrógeno total: PT: 1,58; P-EM: 2,40. Relación C/N: PT: 9,42; P-EM:10,54. Fósforo: PT: 1,09;P-EM:0,94. Potasio total: PT: 4,03;P-EM:4,56. A partir de esto, se deduce que la producción de compost con EM es mejor que la del compost convencional; así mismo, según los parámetros medidos el compost-EM presenta mejores características físicas con respecto a la humedad y el color, y respecto a sus características químicas el Tratamiento con EM presenta nutrientes más estables a excepción del fósforo. De acuerdo con los resultados obtenidos, al evaluarlos con la norma chilena 2880, el compost obtenido entra en la clasificación de calidad B, ya que tenía ciertas restricciones de uso.

Adicionalmente a los antecedentes considerados, se tomaron en cuenta definiciones básicas de los términos y procedimientos relacionados al tema.

- **Eficiencia:**

En la presente tesis la eficiencia se define por la relación que debe de existir entre los recursos utilizados (técnicas empleadas) y los resultados obtenidos.

La eficiencia en los estudios llega a reflejar la relación entre los resultados logrados y los recursos que se emplean para ello, por lo que, en el proceso de su búsqueda no se debe de llegar a perder dicha relación. Asimismo, es importante destacar que la eficiencia es un componente integral de la calidad, es decir, entre ambos se debe de buscar un balance o equilibrio ya que centrarse exclusivamente en la eficiencia podría perjudicar la calidad del producto final. (Quintero et al., 2021).

- **Residuos Sólidos:**

Son aquellos productos o sustancias que son generados principalmente por las actividades que realiza el hombre (domésticas, industriales, comerciales, entre otras) y

que al no encontrarle utilidad lo desechan. Estos desechos van en aumento a medida que la población incrementa, donde su mal manejo produce contaminación en el ambiente. (Leiton et al., 2017).

- **Ley General de Residuos Sólidos – Ley N° 27314, aprobada por D.S. N°057 – 2004 – PCM:**

El objetivo de la presente ley es establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. Además, indica que, para un adecuado manejo de los residuos sólidos, plantea un sistema que incluya los siguientes procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia, y disposición final.

- **Decreto Legislativo N°1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

Tiene la finalidad de prevenir y minimizar la generación de residuos sólidos, a su vez de indica como recuperar y valorizar algunos de ellos mediante reciclaje, compostaje, co-procesamiento, entre otros; así, garantizar la protección del medio ambiente.

El MINAM (2019) cumpliendo con lo que indica el D.L. N°1278 (aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos), los residuos sólidos municipales se clasifican por el tipo de generador como los domiciliarios, no domiciliarios y especiales.

- Residuos Sólidos Domiciliarios: La fuente de generación son las viviendas ya sean de nivel socioeconómico alto, medio o bajo. (MINAM, 2019, p.22)

- Residuos Sólidos no Domiciliarios: Corresponde a diversos establecimientos como los centros comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones educativas, el servicio de barrido, entre otros. (MINAM, 2019, p.22-23)
- Residuos Sólidos Municipales Especiales: Estos desechos son característicos por su volumen por lo que requieren un manejo particular, son provenientes de eventos masivos como los conciertos, concentraciones grandes de personas, ferias, etc. (MINAM, 2019, p.23)

A su vez, es importante señalar que se produce por persona 0,83kg de residuos municipales al día, donde para el 2015 se llegó a generar 7 905 118,1 toneladas. Sin embargo, en los últimos 5 años (2017 – 2021) según registros del MINAM se puede evidenciar que la generación de dichos desechos ha ido disminuyendo.

**Tabla 1**

**Generación de residuos municipales del 2017 – 2021**

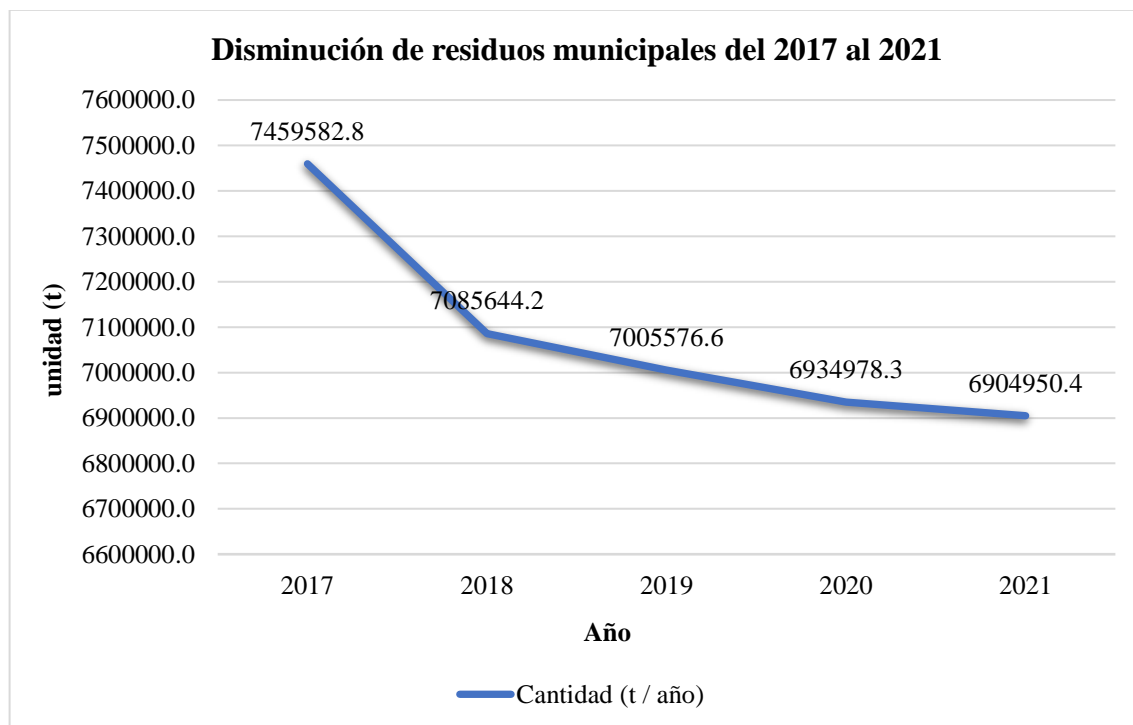
<b>Año</b>	<b>Cantidad (t / año)</b>
2017	7 459 582,8
2018	7 085 644,2
2019	7 005 576,6
2020	6 934 978,3
2021	6 904 950,4



Nota. Los datos obtenidos tomados desde el año 2017 al 2021, son registrados de manera anual a nivel nacional por el MINAM (2021). Estudio de caracterización Municipalidades 2019.

**Figura 1**

**Disminución de residuos municipales desde el 2017 - 2021**



Nota. En la figura 1 se puede visualizar que desde el año 2017 al 2021 hubo una disminución de residuos sólidos de 554 632,4 toneladas.

- **Composición de residuos municipales**

El MINAM (2019) menciona que los residuos sólidos municipales están compuestos principalmente por desechos peligrosos, no aprovechables, inorgánicos y orgánicos.

- Peligrosos: Son compuestos que, al terminar su tiempo de utilidad, llegan a adquirir la definición de desechos, que independientemente de su estado físico llegan a ser un riesgo para el medio ambiente y para la salud de los seres vivos por ser

corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicas o biológico-infecciosas. (DIGESA, 2016, p.15)

- No aprovechable: Su origen puede ser producto de actividades domésticas, industriales, comerciales, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización en un proceso productivo, es decir, no tienen ningún valor comercial. (MINAM, 2019, p. 73)
- Inorgánicos: Estos desechos tienen el origen de minerales o productos sintéticos que no pueden descomponerse naturalmente y si en el caso sucede su descomposición es demasiado lenta. (MINAM, 2019, p.73)
- Orgánicos: Son desechos que se logran descomponer con mayor facilidad. Estos se generan en el ámbito tanto en la gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal. (MINAM, 2019, p.73)

El MINAM (2019) a su vez tiene registrado el porcentaje anual de lo que se genera en la gestión municipal, siendo un 77,8 % que equivale a 6 377 453,9 t. de residuos valorizados, donde el 56,9 % equivale a residuos orgánicos, el 20,9 % a residuos inorgánicos, 12,65 % no aprovechables y 9,59 % a residuos peligrosos.

Entonces como se puede apreciar en el párrafo precedente los residuos orgánicos son los que mayormente se generan y de los cuales se puede sacar provecho por su fácil descomposición pudiendo acoplarlo a procesos como el compostaje.

- **Proceso de compostaje – compost**

El compostaje es la biotransformación de restos orgánicos bajo condiciones controladas predominantemente aerobias, a través de diversas poblaciones de microorganismos (aerobios, mesófilos, Termotolerantes y termófilos) para producir

compost, un sustrato estable y libre de patógenos, con propiedades de fertilizante y bioestimulante (Trillas-Gay et al., 2014).

Se distinguen 2 etapas: la descomposición y la estabilización. Por un lado, la descomposición es realizada por microorganismos aerobios mesófilos, que se encargan de transformar compuestos de degradación rápida y fitotóxicos ( $\text{NH}_3$  y ácidos grasos volátiles de cadena corta) a especies orgánicas e inorgánicas más simples; asimismo, durante esta etapa, el aumento de la tasa de degradación se correlaciona con el incremento en los valores de la temperatura. Por otro lado, la etapa de estabilización comprende la descomposición de las moléculas más complejas, donde se registra la disminución de temperatura y el cambio a un pH ligeramente alcalino, disminuyendo los microorganismos termofílicos y aumentando los mesofílicos; de la misma forma, los actinomicetos comienzan a degradar lentamente la celulosa, hemicelulosa, ligninas y almidón, los cuales son imprescindibles para la síntesis de sustancias húmicas (Oviedo-Ocaña et al., 2017).

#### **Fases:**

- **Fase Mesófila (I):** El material del compost se encuentra temperatura ambiente y puede incrementarse en días, o inclusive horas, a una temperatura de  $45\text{ }^\circ\text{C}$ ; esto es debido a que los microorganismos empiezan a utilizar las fuentes de carbono y nitrógeno que tienen disponibles, aumentando su actividad y generando calor. En esta fase se descomponen los compuestos solubles para producir ácidos grasos, de

modo que, el pH tenderá a bajar alrededor de 4 y 4,5. La duración de la fase mesófila comprende entre 2 y 8 días, aproximadamente (Román et al., 2013).

- **Fase termófila (II):** La temperatura supera los 45 °C, generando que los microorganismos mesófilos disminuyan y los termófilos dominen el proceso de descomposición. El pH aumenta, ya que estos microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco; asimismo, los hongos secretan enzimas extracelulares que descomponen los polímeros como la celulosa y otros carbohidratos complejos (Palmisano y Barlaz, 2020).

Esta fase también es conocida como la fase de higienización, debido a que las altas temperaturas generadas en el proceso destruyen bacterias y contaminantes de origen fecal, tales como: *Escherichia coli* y *Salmonella spp* (Román et al., 2013).

- **Fase de enfriamiento (III):** Esta fase comienza cuando los sustratos más fáciles de degradar se reducen y la temperatura comienza a disminuir a niveles inferiores de 40 °C. Los microorganismos mesófilos empiezan su actividad y el pH desciende ligeramente; asimismo, las bacterias nitrificantes (las cuales habían sido inhibidas a altas temperaturas), inician el proceso de conversión del amoníaco en nitrato (Palmisano y Barlaz, 2020).

- **Fase de maduración (IV):** El período de duración de esta fase, a temperatura ambiente, llega a durar meses, produciéndose reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados, para dar lugar a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román et al., 2013).

La fase IV es crítica para su uso agronómico, ya que si el compost que se produce es inmaduro puede introducir materiales fitotóxicos al suelo (amoníaco o

ácidos grasos volátiles) y la disminución del potencial redox de este (Palmisano y Barlaz, 2020).

### Sistemas

- **Sistema abierto:** También conocido como sistema en pilas. Este tipo de compostaje se puede llevar a cabo cuando haya una gran cantidad y variedad de residuos orgánicos, y dependiendo de su manejo existe una variedad amplia de formación de pilas. La creación y el manejo de una pila depende de: i) la elección del área y nivelación, lo cual se realiza en función a las condiciones climáticas, la distancia al área de producción de residuos y al área de aplicación del compost final, y la pendiente del terreno; ii) picado del material y hacinamiento, donde el material que se compostará debe estar en fragmentos en un rango de 10 – 15 cm; iii) volteo, el cual debe hacerse semanalmente durante las primeras 3 o 4 semanas y después quincenalmente, dependiendo de las condiciones climáticas y humedad del compost. (Román et al., 2013)
- **Sistema cerrado:** Es mayormente empleado a nivel familiar y posee características que favorecen su replicación, ya que el material de compostaje está protegido de vientos fuertes, lluvias, facilita la extracción del lixiviado y labores de volteo, y controla la invasión por vectores como ratas y aves; sin embargo, su desventaja radica en las temperaturas elevadas que se pueden alcanzar, así como la medición de parámetros. Para un sistema cerrado se debe tomar en cuenta: i) la elección del lugar y el tipo de compostera, los cuales, en función del espacio disponible, la cantidad de material y el tiempo de duración, determinan si la compostera se situará de manera horizontal o vertical; ii) picado del material y llenado del recipiente, siendo importante que los residuos orgánicos estén triturados en fragmentos de un

tamaño entre 5 – 20 cm; iii) el control de la humedad, aireación, volteo, extracción del compost y tamizado. (Román et al., 2013).

## Técnicas

- **Microorganismos eficientes– EM COMPOST**

El EM–COMPOST, creado por el Dr. Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus, es una combinación de diversos microorganismos benéficos (aerobios y anaerobios) que, al actuar como inoculante, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejora sus condiciones fisicoquímicas y aumenta su productividad. Esta técnica, en un inicio, fue empleada como un acondicionador de suelos; sin embargo, en la actualidad, también se lo utiliza para el manejo de RR.SS. (Iliquín, 2014).

Los microorganismos que componen al EM– COMPOST, son principalmente de 3 géneros: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido – lácticas y levaduras (Iliquín, 2014), siendo sus funciones las siguientes:

- **Bacterias fotosintéticas:** son bacterias autótrofas, que sintetizan sustancias útiles (aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares y sustancias bioactivas), a partir de la materia orgánica, secreciones de raíces o gases nocivos. Dentro de las bacterias fotosintéticas se encuentran: *Rhodospseudomonas palustris* y *Rodobacter lactis* (Huayllani, 2017).
- **Bacterias ácido – lácticas:** se encargan de producir ácido láctico, a partir de azúcares y otros carbohidratos realizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras, el cual es fundamental para eliminar microorganismos patógenos (*Fusarium*, nemátodos, etc.); asimismo, las bacterias ácido-lácticas son esenciales en el proceso de fermentación y descomposición de compuestos como la lignina

y la celulosa. Dentro de este grupo se encuentran: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis* (Iliquín, 2014) (Huayllani, 2017).

- **Levaduras:** sintetizan sustancias antimicrobianas, aminoácidos y azúcares excretados por las bacterias fotosintéticas. Las sustancias bio activas producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces, de la misma forma, son útiles para las bacterias lácticas y actinomicetos. Dentro de este grupo se encuentran: *Saccharomyces cerevisiae*, hongos, *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis* (Huayllani, 2017).

- **Vermicompostaje**

Es el proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica que se da a través de la acción conjunta de lombrices, las cuales fragmentan y acondicionan el sustrato, y microorganismos, encargados de la degradación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones aerobias y mesófilas (Villegas-Cornelio y Laines, 2017). Del total del sustrato consumido por las lombrices de tierra, entre un 5–10 % es retenido para su crecimiento y reproducción, y lo demás es excretado como materia parcialmente digerida recubierta de moco llamada vermicast (Niladri et al., 2019).

Cuenta con las siguientes fases: La fase de pre-compostaje, donde los residuos orgánicos deben pasar por un proceso de biodegradación antes de incorporarse con las lombrices; la fase activa o mesófila, en la cual se lleva a cabo la formación del vermicast; y la fase de maduración, donde el vermicast pasa por un proceso de maduración y estabilización por la actividad microbiana, para finalmente producir el

vermicompost (Pradas, 2020). Donde, las especies de lombrices más eficaces son: *Pheretima elongata*, *Eisenia foetida*, *Perionyx excavatus* y *Eudrilus eugeniae*; siendo *E. foetida* (lombriz roja californiana), la más comercialmente empleada por su hábil alimentación (Román et al., 2013) (Niladri et al., 2019).

## 2. Formulación del problema

La importancia de esta investigación es dar a conocer cuál técnica utilizada (EM – compost y Vermicompost) es más eficiente al momento de elaborar el compost, para lo cual se plantea usar los residuos orgánicos, principalmente generados en los mercados y viviendas, que son arrojados sin ningún previo tratamiento para su disposición final en la provincia de San Marcos. De esta manera, se piensa reducir los impactos negativos al medio ambiente, ya que se propone cambiar los fertilizantes agroquímicos, que generan suelos estériles a largo plazo, por compost (abono orgánico), el cual aporta los nutrientes necesarios para una mejor productividad de suelos agrícolas, siendo así una técnica amigable con el medio ambiente.

Es así, que partir de esto se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficiencia de cada técnica para elaborar compostaje de residuos orgánicos generados en el distrito de Pedro Gálvez - San Marcos 2022?

## 3. Objetivos

Como objetivo general se tiene el determinar la eficiencia de cada técnica de compostaje de residuos orgánicos generados en el distrito de Pedro Gálvez - San Marcos 2022; y como objetivos específicos: evaluar la calidad tanto del vermicompost como del compost enriquecido producido y su posible aplicación como fertilizante; mantener



niveles óptimos de temperatura, humedad y pH semanalmente para garantizar un entorno estable y adecuado; a la vez, considerar el parámetro de temperatura como variable determinante para estimar el tiempo de producción del compost y así establecer la eficiencia de cada técnica.

#### **4. Hipótesis**

En este tema de investigación se ha considerado la utilización de la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) e hipótesis nula ( $H_0$ ), para las cuales se ha planteado como hipótesis alternativa: El producto final del vermicompostaje como del EM – Compost demuestra mejores resultados en relación con el compost tradicional; y como hipótesis nula: El producto final del vermicompostaje como del EM – Compost no demuestra mejores resultados en relación con el compost tradicional.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El tipo de investigación de la presente tesis es experimental, brindando un estudio más preciso al contar con resultados directos (obtenidos en campo). Así mismo, tiene un enfoque cuantitativo, debido a que existe un contraste entre las técnicas de compostaje (EM – compost y Vermicompost) con la muestra control, obteniendo datos estadísticos para determinar la eficiencia de cada una de ellas.

Dentro de población y muestra, por un lado, se consideraron las dos técnicas que se emplearon para la elaboración del compost como población: vermicompostaje y EM – Compost; creyéndose pertinente elaborar el compost tradicional como forma de contrastación a las dos técnicas mencionadas. Por otro lado, la muestra, que es el conjunto donde se llevarán a cabo los análisis y observaciones de las variables de la presente tesis, se consideró apropiado seleccionar la cantidad de pilas con las que se trabajaron por técnica, donde se emplearon dos repeticiones por cada una de ellas, lo que totaliza 6 pilas.

Los materiales utilizados durante esta investigación se dividieron en:

### **a. Insumos para la elaboración de las pilas de compostaje**

- Césped. hojas secas y podas.
- Residuos orgánicos (comida, frutas, verdura, entre otros).
- EM – Compost.
- Lombrices californianas.
- Ladrillos para delimitar el área de las pilas.

### **b. Instrumentos de medición:**

- Peachimetro.
- Termómetro.
- GPS.

**c. Herramientas para la toma de resultados:**

- Cascos.
- Picos.
- Rastrillos.
- Palana.
- Carretilla.
- Cinta métrica o güincha.
- Cámara fotográfica.
- Fichas de observación.

**d. Materiales de escritorio:**

- Computadora portátil.

La ubicación geográfica donde se elaboró el proceso de compostaje fue en el distrito de Pedro Gálvez provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, en la Planta de tratamiento “El Palenque”, empleando un GPS para tomar las coordenadas y utilizando el sistema UTM WGS 84 – zona 17S.

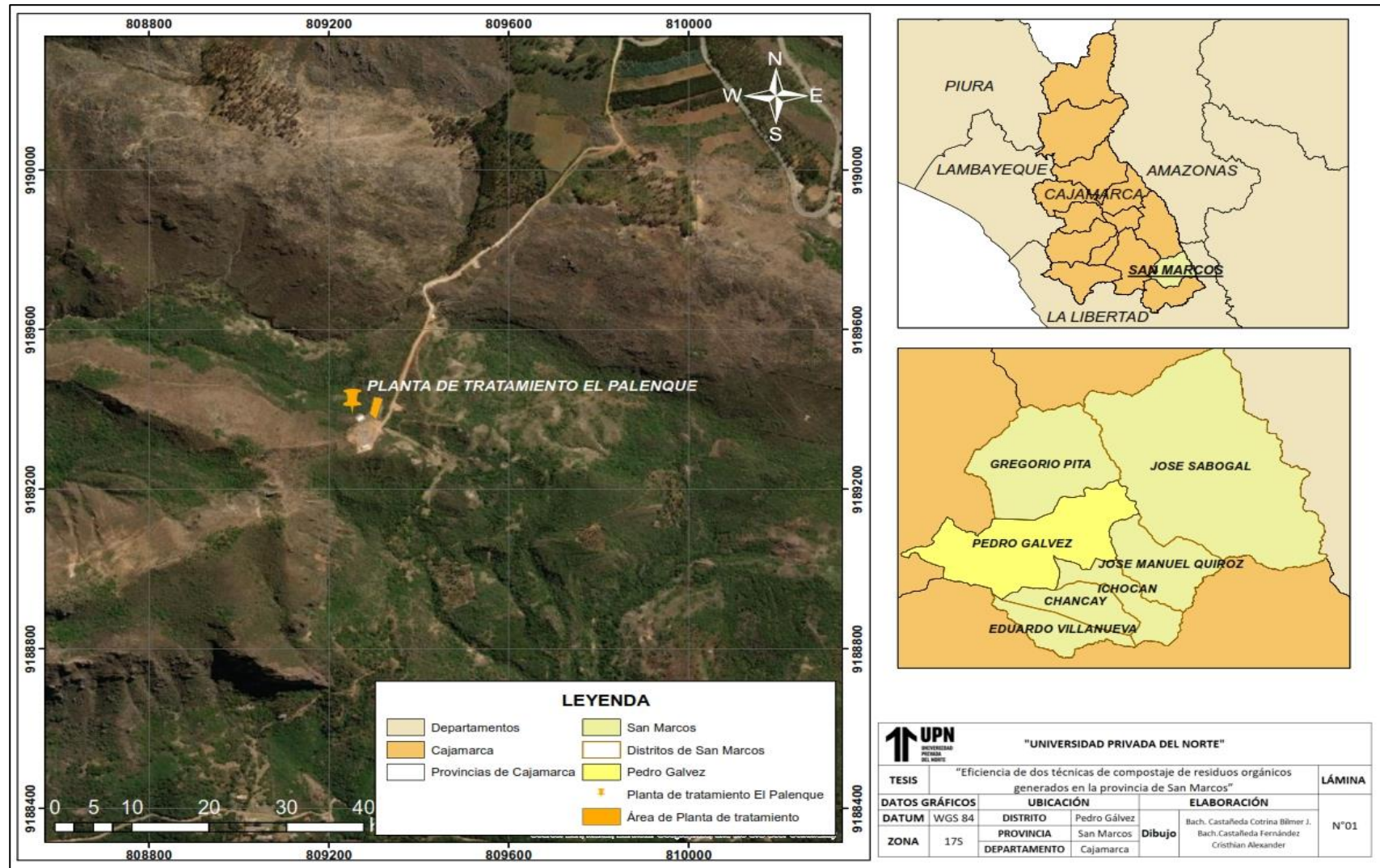
**Tabla 2**

**Coordenadas de los puntos de muestreo**

DESCRIPCIÓN	Sistema de Coordenadas UTM WGS 84		
	ZONA 17S.		
	ESTE	NORTE	ALTURA
Planta de Tratamiento “El Palenque”	809251,38	9189418,06	2485 m.s.n.m.

**Figura 2**

*Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento “El Palenque”.*



En la siguiente tabla se visualiza la ruta de accesibilidad a la zona del proyecto hacia la Planta de Compostaje N° 02 “El Palenque”.

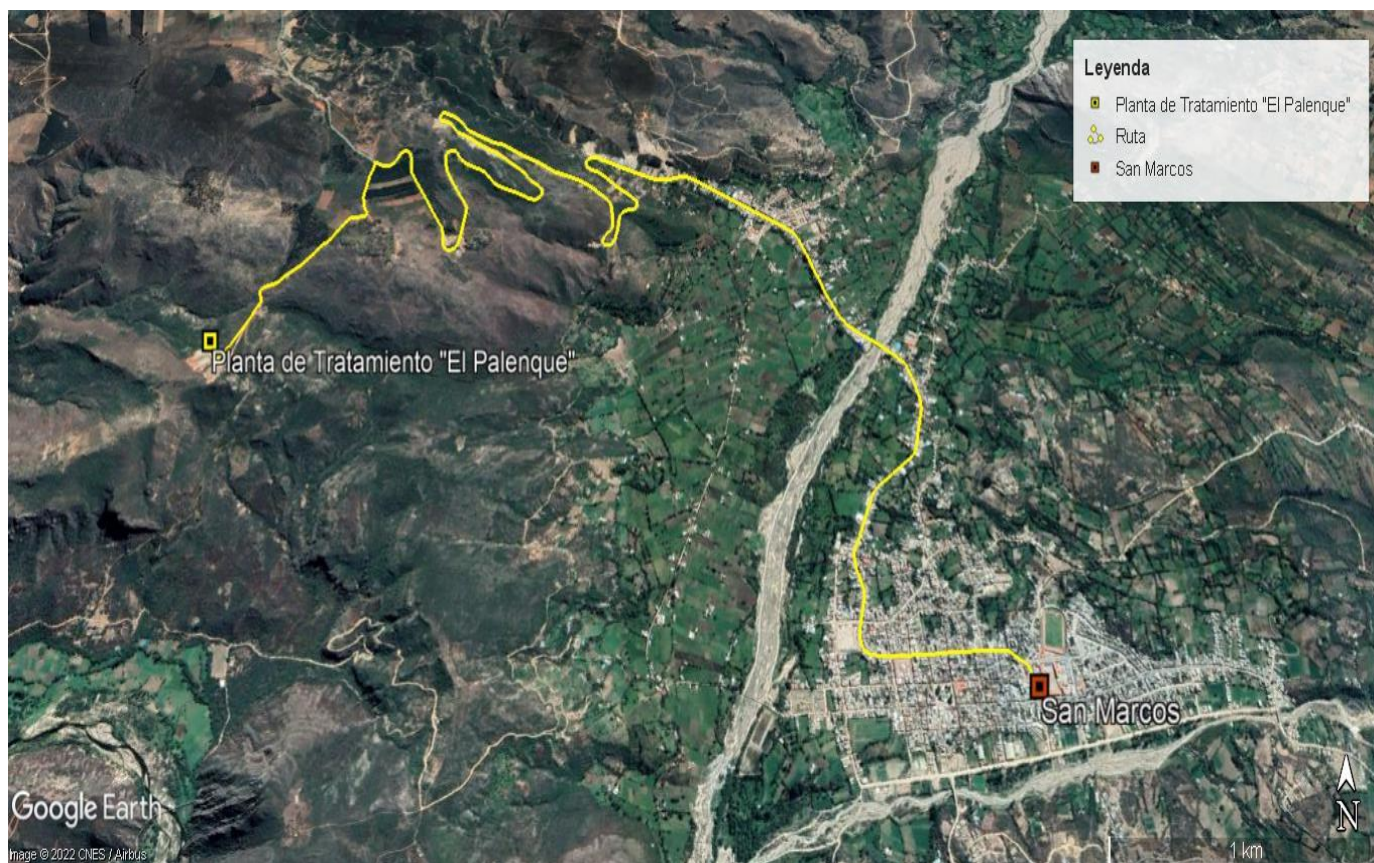
**Tabla 3**

**Accesibilidad a la planta de compostaje N°02 - El Palenque.**

Punto de partida	Destino	Distancia (km)	Tiempo	Carretera
San Marcos	Planta de tratamiento El Palenque	9,78	20 min	Asfaltada - trocha

**Figura 3**

**Ruta de la ciudad de San Marcos hacia la planta de compostaje N°02 - El Palenque**

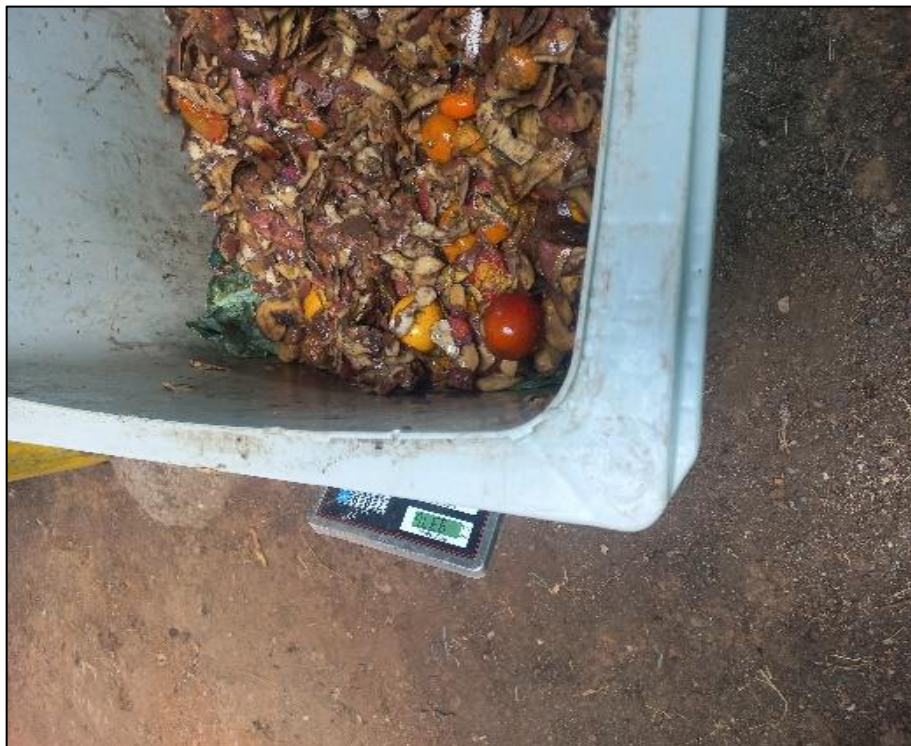


Como técnica se empleó la observación estructurada, la cual según Díaz (2011) emplea elementos técnicos apropiados (fichas, cuadros, tablas, etc.) para registrar el cambio del fenómeno estudiado durante su proceso. En este caso, para la ejecución de esta investigación se optó por el uso de fichas de campo como instrumento de recolección de datos, donde se registró de manera semanal el peso, la temperatura, pH y % humedad.

El procedimiento para la elaboración de la presente investigación se inició con la selección de residuos sólidos, de los cuales se emplearon 576 kg de residuos sólidos orgánicos de los que ingresan a la Planta “El Palenque”, repartiendo dicho total en las 6 pilas consideradas para cada técnica (Muestra control, EM – Compost y Vermicompost).

#### **Figura 4**

#### **Peso de los residuos sólidos orgánicos**



**Figura 5**

**Distribución de los residuos por cada pila**



Las pilas fueron delimitadas con ladrillos, las cuales se elaboraron en sistema abierto, donde se implementó la siguiente distribución por técnica.

**Tabla 4**

**Distribución de pilas**

<b>TÉCNICA</b>	<b>PILA *</b>	<b>Cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos</b>
Control	P1	96 kg
	P2	
Vermicompost	P3	96 kg
	P4	
EM Compost	P5	96 kg
	P6	

Nota. \*Se determinó la codificación para cada pila empleada

Además, dichas pilas se encontraban protegidas de factores externos como la lluvia, luz del sol y temperaturas extremas. A continuación, se detallan las medidas correspondientes a las pilas:

**Tabla 5**

**Medidas de las pilas**

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>MEDIDA</b>
Ancho (X)	1 m.
Largo (Y)	1 m.
Altura (Z)	0,80 m.

**Figura 6**

**Medidas de las pilas**



Nota. Cada pila de compostaje se procedió a colocar como primera capa los residuos picados de las frutas y verduras, añadiendo después tierra agrícola junto con los restos de césped cortado.



Para la aplicación de las técnicas de compostaje, en el caso de la muestra control no se adicionó o inoculó ningún tipo de compuesto, ya que ésta sirvió para contrastar con las dos técnicas que se realizaron adicionalmente.

Con respecto al EM – Compost se empleó el producto de EM COMPOST (Microorganismos Eficaces) certificado por OMRI (Organic Materials Review Institute) que en sus siglas en español significa “Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos”, la cual es una organización internacional que determina qué productos están permitidos para su uso en la producción y procesamiento orgánicos en la actividad agrícola. Además, fue seleccionado por los beneficios que brinda, los cuales son: aceleración de la descomposición de la materia orgánica; mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; incrementación de la calidad nutricional y biológica del compost; reducción de los problemas de salinidad en el suelo, así como de las poblaciones de nematodos patógenos del mismo. El cual está compuesto por bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*), bacterias ácido-lácticas (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Sacharomyces spp*).

Para la activación del EM – COMPOST, el producto indica realizar una mezcla de melaza, agua y el compuesto de EM en una proporción de 1:18:1 litros, respectivamente; para después colocarlo en un envase de plástico con cierre hermético bajo sombra durante 7 días para su preservación y su póstuma utilización en el compostaje. La preparación del EM – Compost se realizó en la semana 3 y la inoculación del compuesto activado en la semana 4 desde la elaboración de las pilas.

**Figura 7**

**Producto del EM – COMPOST (Microorganismos Eficaces)**



En la técnica del Vermicompostaje se empleó el cultivo de la *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) a partir de la semana 3 en las pilas previamente seleccionadas. Donde por cada pila se adicionó 2 kg de lombrices, a las cuales se les alimentaba con 300 g de estiércol vacuno semanalmente.

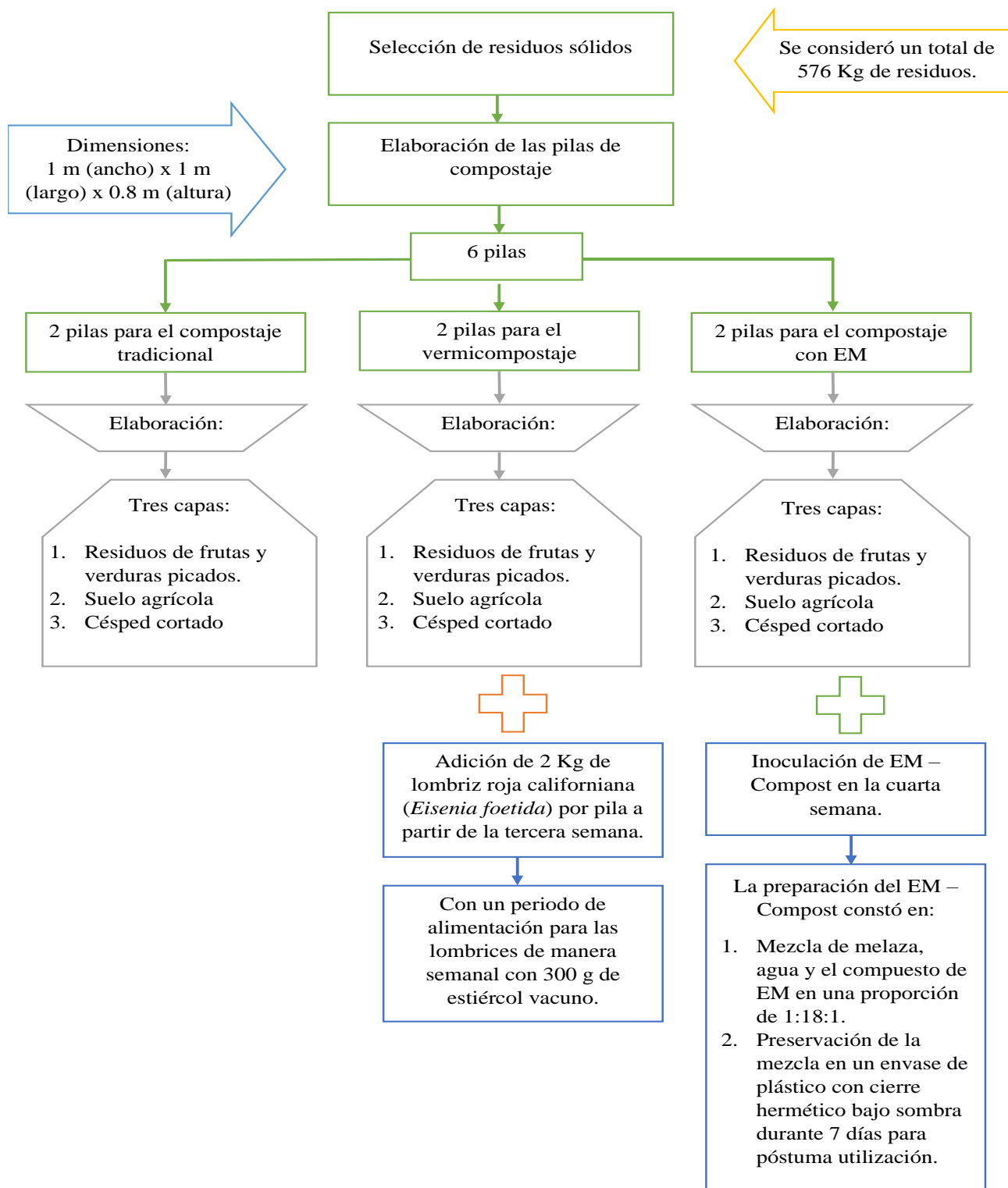
**Figura 8**

**Eisenia foetida en la pila de compostaje**



**Figura 9**

**Diagrama de flujo del procedimiento de las técnicas empleadas**



A continuación, se muestra las acciones que se llevaron a cabo para cada técnica en las 16 semanas de elaboración de compostaje.

ACCIÓN	Picado			Volteo			Riego		Adición de Estiércol	
	TÉCNICA /SEMANA	Muestra control	EM - Compost	Vermi compostaje	Muestra control	EM - Compost	Vermi compostaje	Muestra control	EM - Compost	Vermi compostaje
1	✓	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	×
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓
4	✓	×	×	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
5	✓	×	×	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
6	✓	×	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓
7	×	✓	×	×	✓	×	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	×	✓	✓
9	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
10	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
11	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
12	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
13	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
14	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	×
15	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓
16	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

Nota. Donde el ✓ indica actividad realizada y el × hace referencia a actividad no realizada

Muestra control: Se puede visualizar que las semanas 2, 3, 4, 5, 6 y 8; se realizaron las acciones de picado, volteo y riego

EM – Compost: En la semana 4 junto con el riego se adicionó el EM – COMPOST activado en las pilas de compostaje 5 y 6.

Vermicompostaje: Adición de 300 g de estiércol vacuno como alimento para las lombrices.

Para la evaluación de los parámetros correspondientes al compost, se trabajó con el Manual de Compostaje del Agricultor experiencias en América Latina del 2013, la cual se encuentra certificada por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Entonces, teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo precedente, los resultados de cada parámetro serán contrastados con lo indicado en el Manual avalado por la FAO (2013). Es importante señalar que solo se están considerando los parámetros analizados en las fichas de campo y los evaluados por el laboratorio del INIA.

### **Tabla 6**

#### **Parámetros a analizar según el Manual de Compostaje del Agricultor experiencias en América Latina – FAO.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango optimo</b>
Potencial de Hidrogeno	pH	4,5 – 85
Temperatura	°C	35 - 70
Humedad	%	45 - 60
Materia Orgánica	%	>20 %
Nitrógeno	%	~1 %
Relación C/N	---	15:1 – 35:1

Nota. Se tomaron en cuenta los resultados de los parámetros con relación a la última semana de evaluación, con la finalidad de saber cuál es la técnica más eficiente en su fase de maduración.

Con respecto a la técnica del vermicompostaje se tuvieron consideraciones adicionales para sus parámetros de evaluación como son del pH, T° y % humedad. A continuación, se muestra una tabla con el valor óptimo:

**Tabla 7**

**Valores óptimos para el vermicompostaje según el Manual de Compostaje del Agricultor experiencias en América Latina – FAO.**

Parámetro *	Unidad	Rango óptimo
Potencial de Hidrogeno	pH	5 – 8,5
Temperatura	°C	20 - 30
Humedad	%	70 - 80

Nota. Con respecto a la técnica de vermicompostaje se tiene consideraciones adicionales en dichos parámetros para que las lombrices no se vean afectadas.

Además, para obtener el porcentaje de humedad de manera semanal, se consideró emplear la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.**

*Obtención del porcentaje de humedad*

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)} = \left( \frac{\text{Peso con agua}}{\text{Peso seco}} \right) * 100$$

Nota. La ecuación 1 – Porcentaje de humedad fue obtenida por el Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego (2017).

Para medir la eficiencia de cada técnica incluyendo la muestra control, se consideró analizar los parámetros de pH, temperatura y % humedad, los cuales fueron tomados in situ; adicional en la semana 18 se tomaron tres muestras de compost por técnica para su respectivo análisis en laboratorio, donde se analizaron los parámetros de pH, Conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y relación C/N.

Se trabajó con el laboratorio del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) el cual para el análisis de las muestras trabaja con la siguiente metodología de ensayo:

**Tabla 8**

**Metodología de ensayo aplicada por laboratorio INIA**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>NORMA DE REFERENCIA</b>
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004, Soil and waste pH
Conductividad	ISO 11265, First Editions. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrógeno	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.8 AS-08. 2000. Contenido de Nitrógeno por el método de Kjeldahl.

Nota. Métodos de ensayo empleados por laboratorio INIA para cada parámetro evaluado. Obtenido de INIA

Cabe señalar que para un mejor procesamiento de información se utilizaron diversos softwares con la finalidad de obtener resultados más precisos. A continuación, se menciona los programas empleados:

- Los datos fueron procesados a través de tablas dinámicas mediante el software Microsoft Excel.
- El análisis estadístico para determinar la hipótesis aceptable se empleó el software IBM SPSS Statistics 27.
- La redacción de la investigación se hizo por medio del software Microsoft Word.
- Para la elaboración de mapas se empleó los softwares ArcGIS y Google Earth.

### **CAPITULO III: RESULTADOS**

En el presente capítulo para la obtención de las tablas y gráficos se hizo uso de la base de datos que se recopiló a través de las fichas de campo (ver en los ANEXO – figura 36) durante las 16 semanas que se trabajó el compost con las diferentes técnicas, así mismo se analizaron los resultados brindados por el laboratorio del INIA. Los parámetros evaluados se dividieron en 2 grupos: parámetros registrados in situ y los parámetros analizados por el laboratorio.

Por un lado, los parámetros evaluados in situ fueron el potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T°) y humedad, los cuales fueron procesados por tablas de Excel. A continuación, se muestran las tablas realizadas para cada técnica.



**Tabla 9**

**Resultados del pH y Temperatura de cada pila**

N° PILA	PARÁMETRO	SEMANA															
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM6	SEM7	SEM8	SEM9	SEM10	SEM11	SEM12	SEM13	SEM14	SEM15	SEM16
PILA 1	pH	7,4	7,3	7,9	7,4	7,8	7,9	8,2	8,2	8,4	8,4	8,4	8,7	8,7	8,8	8,4	8,4
	Temperatura °C	18	37	43	55	69	75	82	77	65	56	43	38	32	27	23	23
PILA 2	pH	7,4	7,8	7,9	7,7	7,8	7,9	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,8	8,7	8,5	8,5	8,4
	Temperatura °C	18	37	43	56	67	73	82	78	65	56	43	37	30	28	25	24
PILA 3	pH	7,4	7,8	7,2	7	7,3	7,8	7,4	7,7	7,4	7,3	7,5	7,3	7,1	7,2	6,9	6,7
	Temperatura °C	18	34	17	27	29	32	33	34	33	30	27	23	24	22	20	21
PILA 4	pH	7,4	7,7	7,3	6,9	7,3	7,7	7,5	7,5	7,2	7,3	7,7	7,4	7	7,4	6,9	6,7
	Temperatura °C	19	34	17	26	29	33	31	33	33	29	26	24	23	23	19	21
PILA 5	pH	7,4	7,8	7,9	7,7	7,8	7,9	8,1	8	8,3	8,4	8,5	8,7	8,7	8,5	8,5	8,4
	Temperatura °C	18	37	37	49	67	75	71	62	50	39	31	27	26	25	27	26
PILA 6	pH	7,4	7,9	7,9	7,7	7,8	7,9	8,2	8	8,4	8,4	8,4	8,7	8,7	8,8	8,4	8,4
	Temperatura °C	18	38	37	50	68	75	72	63	51	40	31	27	26	25	27	26

**Nota.** La pila 1 y pila 2 pertenecen a la muestra control; la pila 3 y pila 4 corresponden a la técnica de vermicompost; finalmente, la pila 5 y pila 6 son de la técnica EM – COMPOST

Para obtener el promedio de las dos pilas que representaban a cada técnica, se utilizó la información recopilada en las tablas de Excel. Los resultados de este cálculo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10

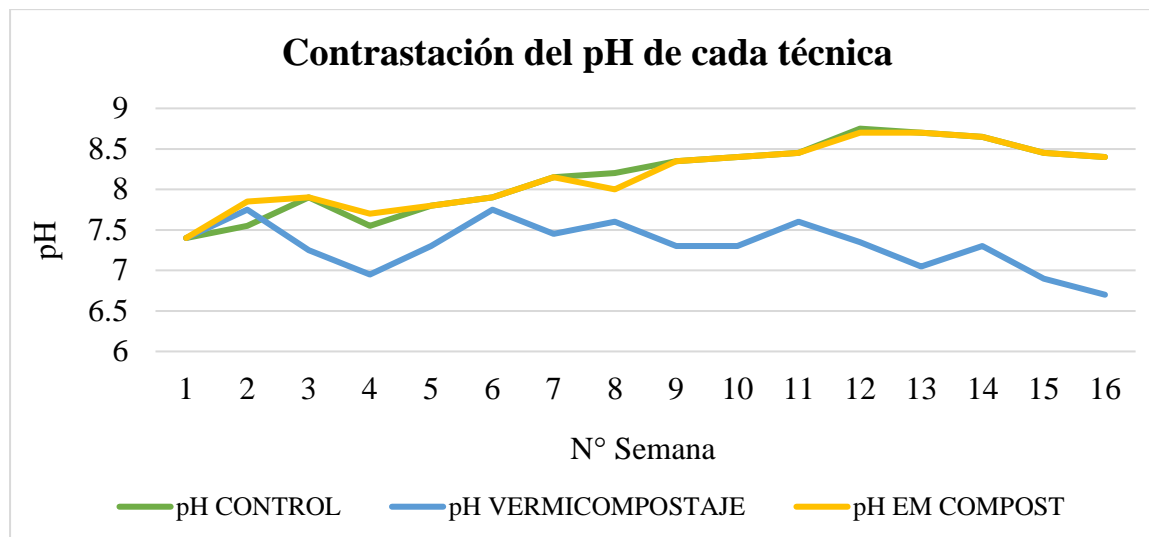
Promedio de los resultados por parámetro de cada técnica

TÉCNICA	PARÁMETROS	SEMANA (resultados promedio)															
		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
CONTROL	pH	7,4	7,55	7,9	7,55	7,8	7,9	8,15	8,2	8,35	8,4	8,45	8,75	8,7	8,65	8,45	8,4
	Temperatura (°C)	18	37	43	55,5	68	74	82	77,5	65	56	43	37,5	31	<b>27,5*</b>	24	23,5
VERMI COMPOSTAJE	pH	7,4	7,75	7,25	6,95	7,3	7,75	7,45	7,6	7,3	7,3	7,6	7,35	7,05	7,3	6,9	6,7
	Temperatura (°C)	18,5	34	17	26,5	29	32,5	32	33,5	33	29,5	<b>26,5**</b>	23,5	23,5	22,5	19,5	21
EM COMPOST	pH	7,4	7,85	7,9	7,7	7,8	7,9	8,15	8	8,35	8,4	8,45	8,7	8,7	8,65	8,45	8,4
	Temperatura (°C)	18	37,5	37	49,5	67,5	75	71,5	62,5	50,5	39,5	31	<b>27***</b>	26	25	27	26

**Nota.** La tabla 15 muestra el promedio de los resultados de las pilas trabajadas por técnica correspondientes a los parámetros tomados in situ; siendo las semanas 14, 12 y 11 en las cuales se alcanzaron temperaturas estables según cada tratamiento: muestra control (\*), vermicompostaje (\*\*), EM – Compost (\*\*\*)

**Figura 10**

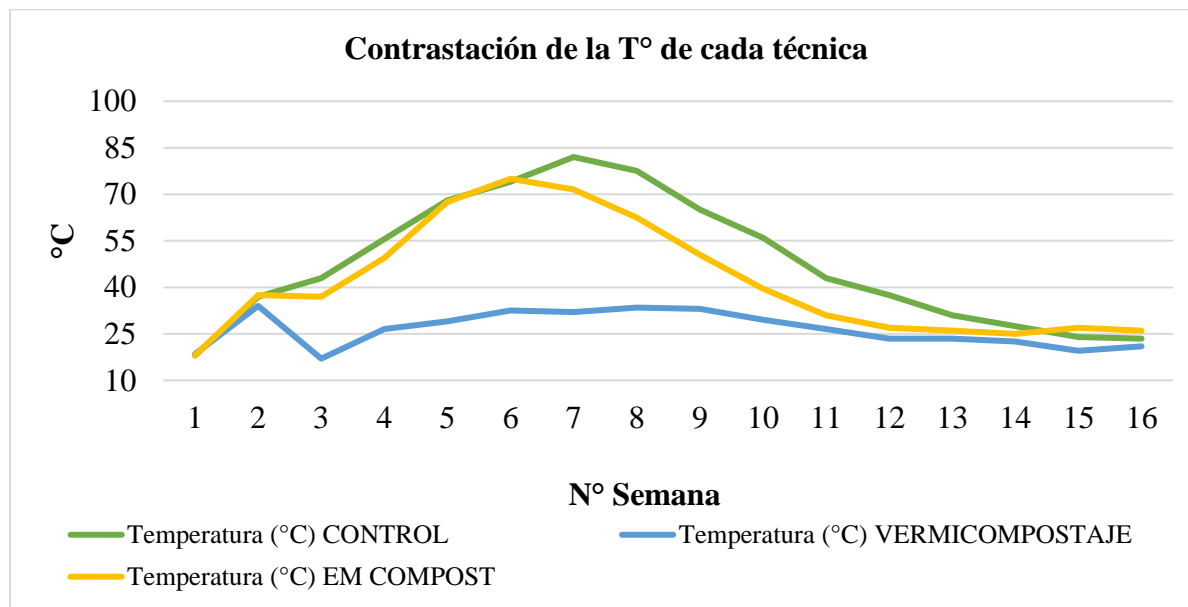
**Promedio de pH por semana de cada técnica**



**Nota.** La figura 10 enseña la contrastación del potencial de hidrogeno (pH) de las 16 semanas trabajadas en relación con las tres técnicas.

**Figura 11**

**Promedio de la temperatura por semana de cada técnica**



**Nota.** La figura 11 muestra la contrastación de la temperatura en °C de las 16 semanas trabajadas en relación con las tres técnicas.

En el caso de la humedad, se halló el porcentaje con el uso de la ecuación 1. Para lo cual, se inició pesando 1000 g por pila, donde posteriormente paso al proceso de secado con ayuda de una estufa; y, por último, se sacó la diferencia entre el peso inicial y el peso seco, así obteniendo la humedad que hay en cada pila.

A continuación, se muestran tres tablas correspondientes a cada técnica, donde se halló el peso total, peso seco y peso disminuido; así poder aplicar la ecuación 1 para hallar el porcentaje de humedad.

**Tabla 11**

**Porcentaje de humedad para la muestra control**

TÉCNICA	N° PILA	UNIDAD DE ESTUDIO	RESULTADOS POR SEMANA																
			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	
Muestra Control	Pila 1	Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		Peso Seco (g)	490	494	502	513	491	500	489	520	510	465	465	508	514	494	505	517	
		Peso Disminuido (g)	510	506	498	487	509	500	511	480	490	535	535	492	486	506	495	483	
		%Humedad	51	50,6	49,8	48,7	50,9	50	51,1	48	49	53,5	53,5	49,2	48,6	50,6	49,5	48,3	
		Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco (g)	496	515	482	525	457	522	519	449	513	489	492	513	524	498	514	516		
	Peso Disminuido (g)	504	485	518	475	543	478	481	551	487	511	508	487	476	502	486	484		
	%Humedad	50,4	48,5	51,8	47,5	54,3	47,8	48,1	55,1	48,7	51,1	50,8	48,7	47,6	50,2	48,6	48,4		
	Promedio %Humedad	50,7	49,55	50,8	48,1	52,6	48,9	49,6	51,55	48,85	52,3	52,15	48,95	48,1	50,4	49,05	48,35		

Nota. Se observa que tanto de la pila 1 y 2 correspondientes a la muestra control se obtuvo su promedio en las 16 semana de evaluación

**Tabla 12**

**Porcentaje de humedad para el vermicompostaje**

TÉCNICA	N° PILA	UNIDAD DE ESTUDIO	RESULTADOS POR SEMANA															
			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
Vermicompostaje	Pila 3	Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		Peso Seco (g)	485	516	489	490	508	489	518	487	520	488	485	496	492	511	513	492
		Peso Disminuido (g)	515	484	511	510	492	511	482	513	480	512	515	504	508	489	487	508
		%Humedad	51,5	48,4	51,1	51	49,2	51,1	48,2	51,3	48	51,2	51,5	50,4	50,8	48,9	48,7	50,8
		Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco (g)	496	485	510	480	515	496	489	503	500	479	493	495	491	500	491	503	
	Peso Disminuido (g)	504	515	490	520	485	504	511	497	500	521	507	505	509	500	509	497	
	%Humedad	50,4	51,5	49	52	48,5	50,4	51,1	497	50	52,1	50,7	50,5	50,9	50	50,9	49,7	
	Promedio %Humedad	50,95	50	50,1	51,5	48,85	50,8	49,7	50,5	49	51,65	51,1	50,5	50,9	49,45	49,8	50,3	

**Nota. Se observa que tanto de la pila 3 y 4 correspondientes al Vermicompostaje se obtuvo su promedio en las 16 semana de evaluación**

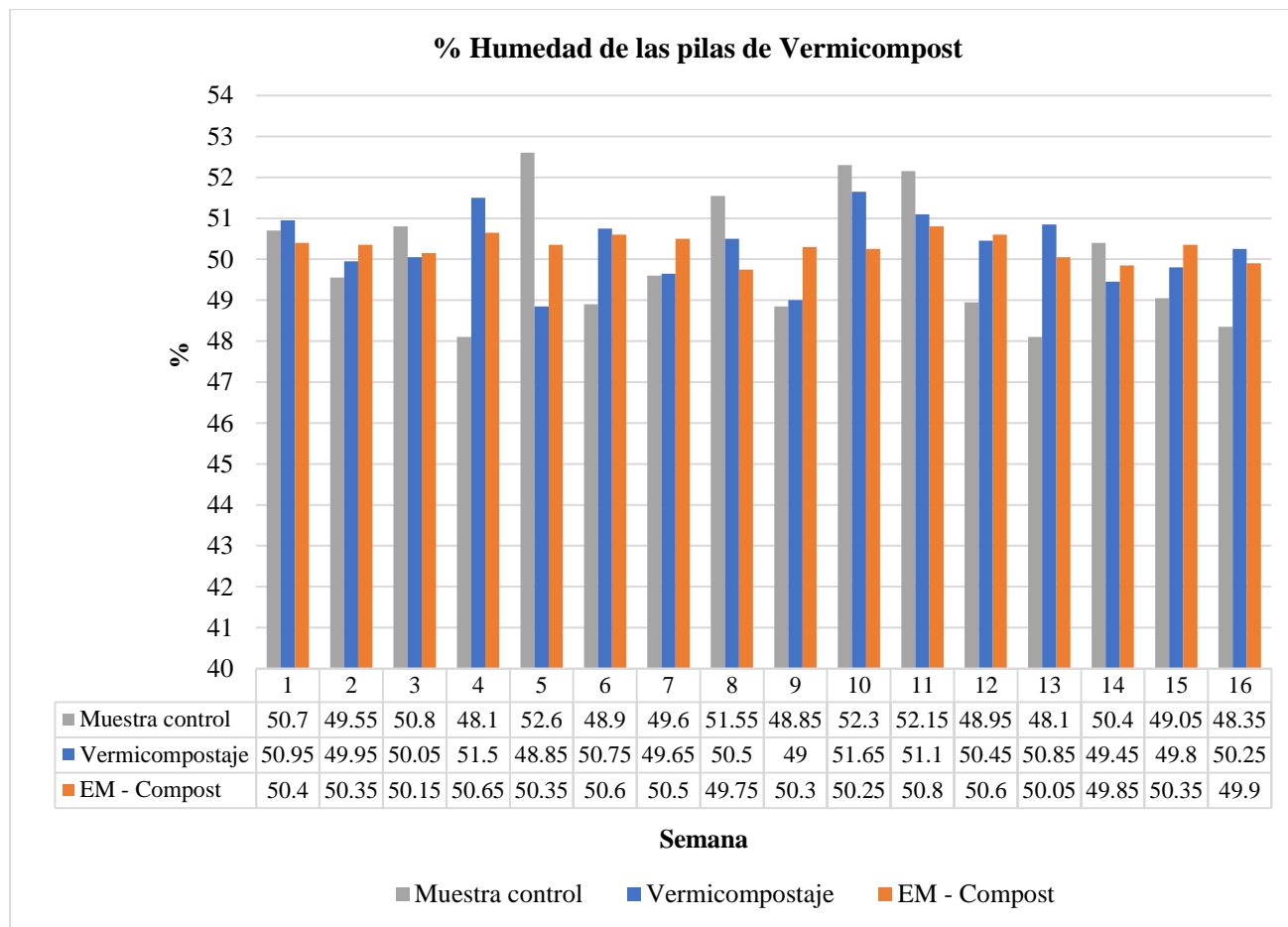
**Tabla 13**
**Porcentaje de humedad para el EM - COMPOST**

TÉCNICA	N° PILA	UNIDAD DE ESTUDIO	RESULTADOS POR SEMANA															
			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
EM COMPOST	Pila 5	Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		Peso Seco (g)	496	496	499	493	500	494	496	502	493	493	492	493	494	499	498	506
		Peso Disminuido (g)	504	504	501	507	500	506	504	498	507	507	508	507	506	501	502	494
		%Humedad	50,4	50,4	50,1	50,7	50	50,6	50,4	49,8	50,7	50,7	50,8	50,7	50,6	50,1	50,2	49,4
	Pila 6	Peso Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		Peso Seco (g)	496	497	498	494	493	494	494	503	501	502	492	495	505	504	495	496
		Peso Disminuido (g)	504	503	502	506	507	506	506	497	499	498	508	505	495	496	505	504
		%Humedad	50,4	50,3	50,2	50,6	50,7	50,6	50,6	49,7	49,9	49,8	50,8	50,5	49,5	49,6	50,5	50,4
		Promedio %Humedad	50,4	50,4	50,2	50,7	50,35	50,6	50,5	49,75	50,3	50,25	50,8	50,6	50,1	49,85	50,4	49,9

Nota. Se observa que tanto de la pila 5 y 6 correspondientes al EM – COMPOST se obtuvo su promedio en las 16 semana de evaluación

**Figura 12**

**Contrastación del Porcentaje de humedad por técnica**



**Nota.** En la figura 12 se visualiza el resultado promedio en relación con el porcentaje de humedad que se obtuvo por técnica.

Por otro lado, los parámetros analizados en laboratorio fueron pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno y relación C/N.

**Tabla 14**

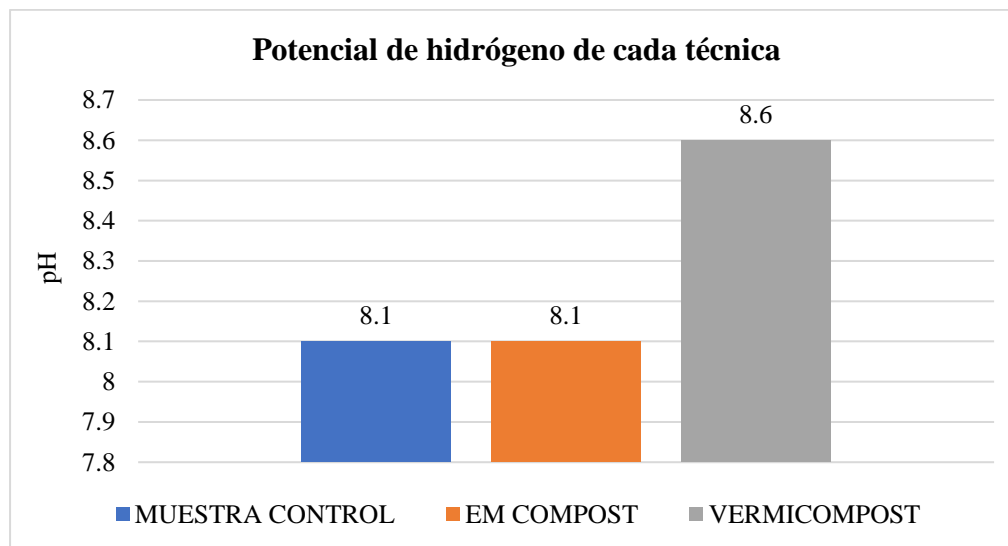
**Parámetros evaluados por laboratorio INIA**

PARÁMETRO	UNIDAD	TÉCNICAS		
		Muestra Control	EM Compost	Vermicompostaje
Potencial de Hidrógeno	pH	8,1	8,1	8,6
Conductividad Eléctrica	mS/m	9,5	11,3	10,1
Materia Orgánica	%	23,7	26,4	27,7
Nitrógeno	%	1,3	1	1,1
Relación C/N		10,82	15,24	17,35

**Nota.** Estos resultados fueron obtenidos por las muestras tomadas en la semana 16.

**Figura 13**

**Potencial de Hidrogeno de cada técnica**

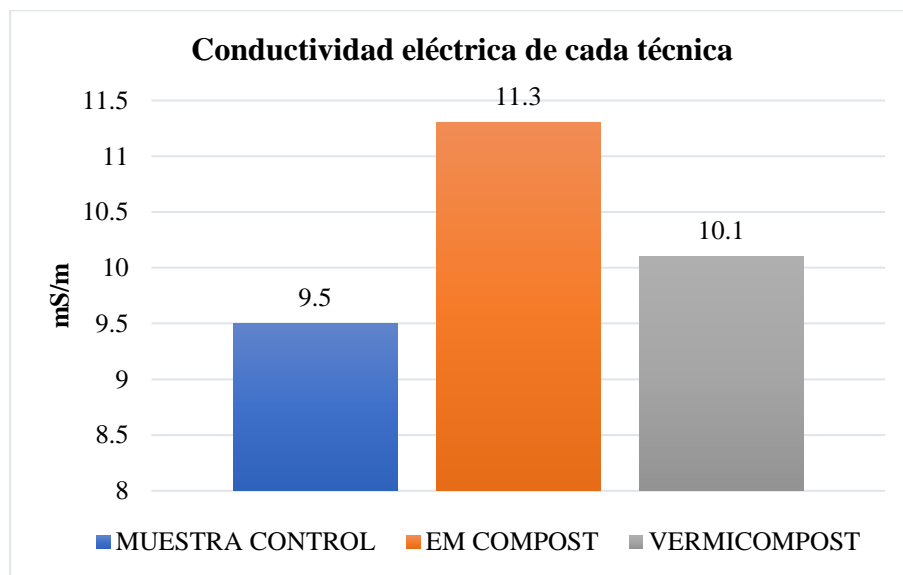


**Nota.** En la presente figura se visualiza el potencial de hidrogeno por técnica analizado por laboratorio, donde se puede apreciar que el vermicompostaje obtiene un pH en relación con las otras técnicas.



**Figura 14**

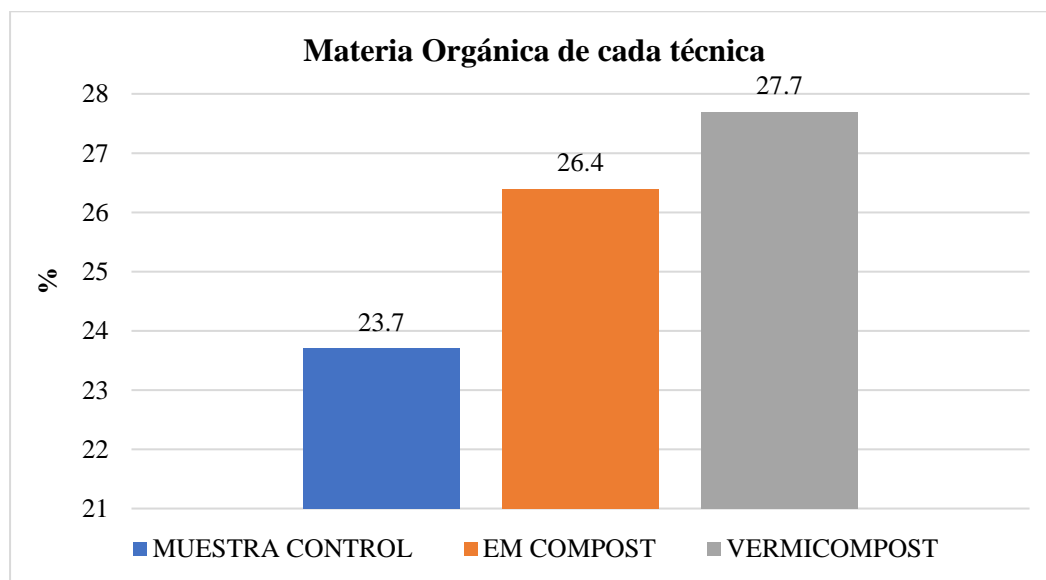
**Conductividad eléctrica de cada técnica**



Nota. Se aprecia el análisis del parámetro conductividad eléctrica para cada técnica, donde el EM – Compost obtiene mayor registro en relación con la muestra control y el vermicompost.

**Figura 15**

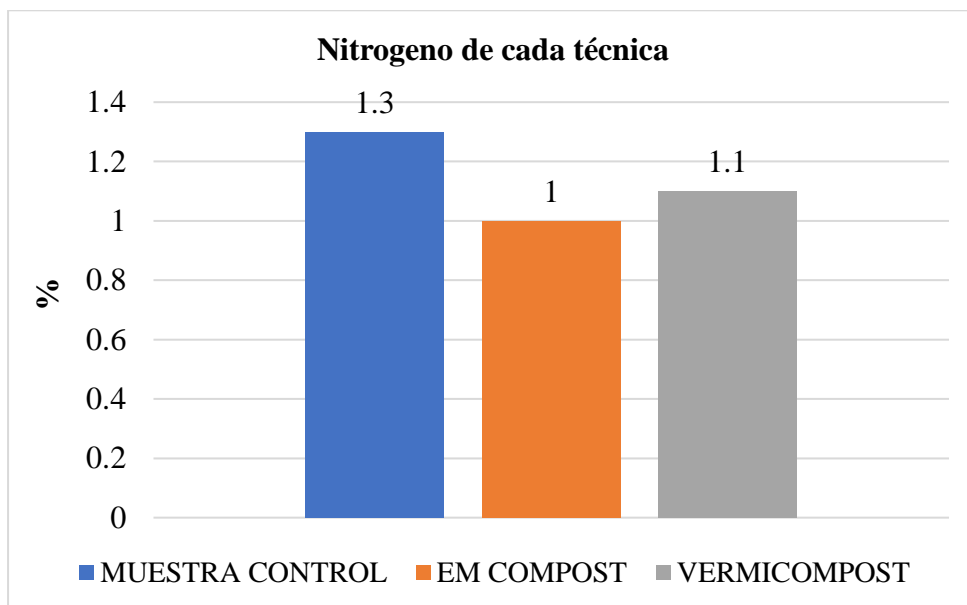
**Porcentaje de materia orgánica de cada técnica**



Nota. En la figura se muestra el parámetro de materia orgánica para cada técnica, donde la Muestra control obtiene el menor registro en la relación a las otras técnicas.

**Figura 16**

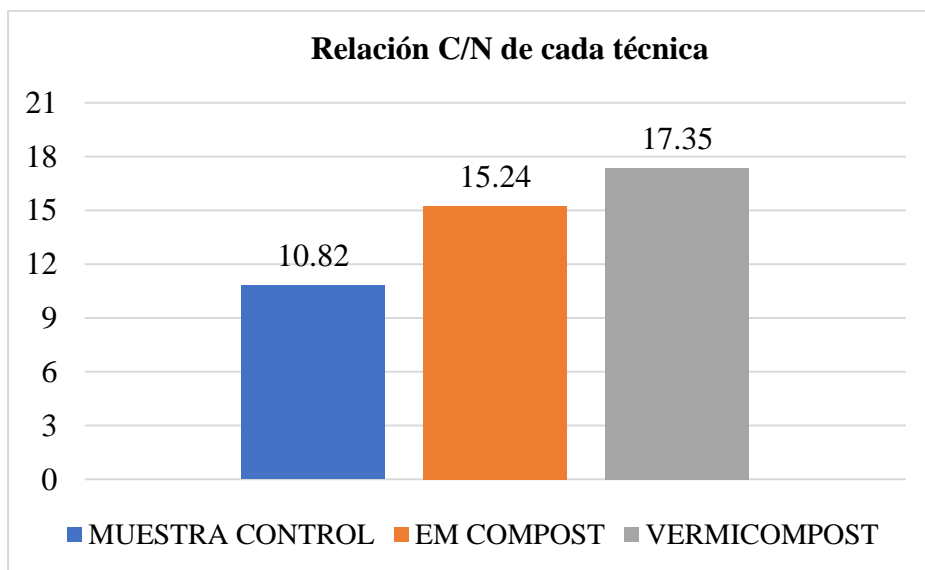
**Porcentaje de nitrógeno de cada técnica**



Nota. En la figura se observa la cantidad de nitrógeno presente en el producto final de cada técnica, denotando que no hay mucha diferencia entre los valores.

**Figura 17**

**Relación C/N de cada técnica**



Nota. En la figura se muestra la relación C/N para cada técnica, donde la que tiene mayor registro es el Vermicompost.

Con el fin de evaluar qué hipótesis aceptar según los resultados obtenidos, se llevó a cabo un análisis estadístico empleando una prueba de normalidad. Para realizar el análisis, se utilizó el software SPSS, el cual proporcionó los siguientes resultados:

**Tabla 15**

**Datos descriptivos**

<b>Descriptivos</b>				
		<b>Estadístico</b>	<b>Error estándar</b>	
<b>Muestra control</b>	Media	10,68	3,64	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,57	
		Límite superior	20,80	
	Media recortada al 5 %	10,48		
	Mediana	9,50		
	Varianza	66,39		
	Desviación estándar	8,15		
	Mínimo	1,30		
	Máximo	23,70		
	Rango	22,40		
	Rango intercuartil	12,56		
	Asimetría	1,05	0,91	
	Curtosis	2,35	2	
	<b>Vermicompostaje</b>	Media	12,97	4,49
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	0,49	
		Límite superior	25,45	
Media recortada al 5 %		12,81		
Mediana		10,10		
Varianza		101,09		
Desviación estándar		10,05		
Mínimo		1,10		
Máximo		27,70		
Rango		26,60		
Rango intercuartil		17,67		
Asimetría		0,62	0,91	
Curtosis		0,28	2	
<b>EM Compost</b>		Media	12,41	4,21
	Límite inferior	0,73		

95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	24,08	
Media recortada al 5 %		12,26	
Mediana		11,30	
Varianza		88,43	
Desviación estándar		9,40	
Mínimo		1	
Máximo		26,40	
Rango		25,40	
Rango intercuartil		16,27	
Asimetría		0,59	0,91
Curtosis		0,89	2

**Tabla 16**

**Prueba de normalidad**

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl*	Sig.**
Muestra control	0,29	5	0,18	0,91	5	0,47
Vermicompostaje	0,21	5	0,20	0,97	5	0,87
EM Compost	0,18	5	0,20	0,98	5	0,93

Nota. Se visualiza que la muestra (gl\*) llega a ser menor a 50, entonces se considera la prueba de Shapiro – Wilk. Además, las variables son paramétricas, es decir hay una distribución normal, esto se debe a que el valor de significancia (Sig.\*\*\*) es mayor a 0,05.

Con base en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad, se determinó que las variables son paramétricas. Por lo tanto, para analizar la correlación de las hipótesis, se utilizará el coeficiente de Pearson. Donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17

**Coefficiente de Pearson**

		<b>Correlaciones</b>		
		<b>Muestra control</b>	<b>Vermicompostaje</b>	<b>EM Compost</b>
<b>Muestra control</b>	Correlación de Pearson	1	0,97	0,99
	Sig. (bilateral)		<b>0,006 *</b>	<b>0,002 *</b>
	N	5	5	5
<b>Vermi compostaje</b>	Correlación de Pearson	0,97	1	0,99
	Sig. (bilateral)	<b>0,006 *</b>		<b>0,001 *</b>
	N	5	5	5
<b>EM Compost</b>	Correlación de Pearson	0,98	0,99	1
	Sig. (bilateral)	<b>0,002 *</b>	<b>0,001 *</b>	
	N	5	5	5

Nota. En la tabla 22 nos indica que, (\*) los resultados obtenidos de las variables tienen correlación, es decir, tienen un grado positivo moderada a positiva alta. A su vez, el grado de significancia es menor a 0,05, entonces se puede decir que se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha).

En relación con lo analizado con el coeficiente de Pearson, se puede indicar que se **rechaza la Ho**: “El producto final del Vermicompostaje como del EM – Compost no demuestra mejores resultados en relación con el compost tradicional”; y **se acepta la Ha**: “El producto final del Vermicompostaje como del EM – Compost demuestra mejores resultados en relación con el compost tradicional”.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Después de completar el proceso de compostaje, se obtuvieron los siguientes valores de pH: muestras control (8,1), EM compost (8,1) y Vermicompostaje (8,6). Estos valores se consideran dentro del rango fuertemente alcalino. La presencia de un pH alcalino indica una mayor liberación de nitrógeno, lo que sugiere que las tres técnicas han alcanzado un nivel de maduración adecuado.

La conductividad eléctrica (CE) juega un papel crucial, ya que una concentración elevada de sales en el compost puede llegar a obstaculizar la germinación de las semillas al momento de aplicarlo en el suelo (Rawat et al., 2013). Por consiguiente, podemos decir que la conductividad eléctrica (CE) en la muestra control (9,5 mS/m), EM Compost (11,3 mS/m) y Vermicompostaje (10,1 mS/m), presentan baja concentración, por lo que, el compost obtenido de las tres técnicas tiene concentraciones aptas para ser aplicado en cultivos ya que no afectaría la salinidad en el suelo.

La Materia orgánica presente para la muestra control (23,7 %), EM compost (26,4 %) y Vermicompostaje (27,7 %), nos indican que cumplen con lo indicado en la FAO para determinar su calidad ya que las tres técnicas son mayores al 20 %. Además, se puede decir que, la técnica del vermicompostaje, siendo la que maduró primera obtiene mayor porcentaje de materia orgánica resaltando antes las otras dos.

Asimismo, en el caso del nitrógeno, la FAO señala que los valores de nitrógeno deben estar aproximadamente en 1 %, por lo que, el contenido de nitrógeno de la muestra control (1,3 %), EM compost (1 %) y Vermicompostaje (1,1 %) está dentro del rango, notándose que la muestra control tiene más porcentaje de este macronutriente en comparación con las otras dos técnicas.

En el proceso de compostaje la relación C/N tiene mucha importancia, ya que los microorganismos necesitan un buen equilibrio de carbono y nitrógeno (rango de 25-35) para permanecer activos en el proceso de descomposición, de este modo, los valores altos en la relación C/N pueden conducir a una duración prolongada de compostaje y los valores bajos a un incremento de la pérdida de nitrógeno (Akratos et al., 2017). Es decir, cuando los valores de C/N son mayores a 35 provocan la inmovilización microbiana, generando que los microorganismos realicen un proceso inverso a la nitrificación transformando el nitrógeno inorgánico del suelo en nitrógeno orgánico; en cambio, cuando la relación C/N está entre valores de 1-15 ocurre una rápida mineralización y liberación de nitrógeno en el suelo, el cual estará disponible para la absorción de las plantas (Brust, 2019). De esta manera, podemos indicar que los resultados tanto para la muestra control (10,82), EM Compost (15,24) y Vermicompostaje (17,35) se encuentran por debajo de un rango de 20, lo cual es un indicador de maduración de compost ya que se lo puede aplicar en el suelo para uso inmediato de un cultivo.

Para el caso de la temperatura, en cada técnica empleada se observaron claramente los valores característicos de las fases de compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento y de maduración), donde la muestra control inició la fase mesófila con una temperatura de 18°C hasta la semana 3 (43 °C), la fase termófila empezó a partir de la semana 4 (> 45 °C) y continuó incrementando hasta alcanzar una temperatura pico de 82 °C, esto según Palmisano y Barlaz (2020) se debe a que en dicha fase existe una mayor actividad por parte de los microorganismos termófilos, donde su función es descomponer y convertir el nitrógeno en amoníaco. La fase de enfriamiento, como su mismo nombre lo dice, la temperatura comenzó a disminuir desde la semana 12 (< 40 °C), donde por las condiciones que presentan los microorganismos mesófilos ganan un mayor papel, siendo su función transformar amoníaco en nitrato (nitrificación).

Finalmente entra a la fase de maduración, donde se registró una temperatura ambiente entre los 27,5 °C y 23,5 °C, lo cual, según Meena et al. (2021) se consideraría como indicador de dicha fase al llegar a temperatura ambiente entre el rango de 20 °C y 30 °C.

Para el vermicompostaje la temperatura estuvo en un rango correspondiente a la etapa mesófila, ya que ninguna alcanzó o superó los 45 °C y todas estuvieron en un intervalo de 17 °C a 33,5 °C, esto lo podemos interpretar que la temperatura se mantuvo para que las lombrices se desarrollen y trabajen constantemente en el proceso de descomposición evitando así interferencias por el aumento de temperatura, esto lo respalda el Manual de Compostaje del Agricultor – FAO. En esta técnica se consiguió la temperatura ambiente a partir de la semana 11 con 26,5 °C indicando su fase de maduración, mientras el autor Condori et. al. (2019) en su investigación donde aplico el vermicompostaje señalo que a los 93 días (SEM 13) llego a la fase de maduración.

En el caso del EM – Compost, la primera fase se mantuvo en las primeras tres semanas con temperaturas de los 18 °C hasta los 37 °C, la segunda fase comenzó en la semana 4 con una temperatura inicial de 49.5 °C, llegando a una temperatura máxima en la semana 6 con 75 °C, para después iniciar un descenso continuo entre las semanas 7 - 11 y llegar a temperaturas de un rango entre los 27 °C - 25 °C (fase de maduración) a partir de la semana 12. El autor Rabb (2017) en su estudio que aplicó la técnica del EM – Compost registró que al día 49 (SEM 7) llegó a temperatura ambiente con 25,9 °C, indicando que llego a su fase de maduración, en cambio para la presente investigación con respecto a la técnica del EM – Compost dicha fase se registró a partir de la semana 12.



El porcentaje de humedad está relacionada con la temperatura y la aireación de la pila de compostaje, siendo inversamente proporcional con estos dos parámetros ya que a mayores valores de humedad se observa un descenso en la temperatura interna de la pila y, en el caso de la aireación, puede darse una anaerobiosis. Es importante mantener una adecuada humedad, ya que la pérdida de humedad en la pila puede provocar que el proceso de descomposición se paralice por insuficiencia de agua, ocasionando que las células de los microorganismos presentes se deshidraten y la actividad enzimática (responsable de la descomposición) se detenga. Por lo que, tanto para la muestra control como para la técnica de EM Compost se intentó mantener una humedad constante, es decir, dentro del rango establecido por la FAO (45 – 60 %), donde para la primera se mantuvo en un rango de 48,1 % - 52,6 %, mientras que la segunda permaneció en un rango de 49,75 % - 50,8 %; en este caso nos podemos percatar que ambas permanecieron dentro del rango, proporcionando la humedad adecuada para que los diversos microorganismos puedan descomponer los desechos durante las etapas de elaboración de compost.

En el caso del vermicompostaje, la lombriz *Eisenia foetida* requiere de condiciones que sean controladas de manera constante, debido a que, tanto la deficiencia como el exceso de humedad puede ser perjudicial. Por un lado, el exceso del parámetro en cuestión puede generar una compactación que dificulte la aireación y bloquee los ductos por donde se movilizan; mientras que la falta de éste genera que la lombriz quede inactiva y muera en poco tiempo. Asimismo, la humedad en el alimento (estiércol) de las lombrices es importante, ya que este debe estar en valores del 70 % al 80 %, esto ayuda a que las lombrices tengan facilidad al momento de ingerir el alimento. Para la técnica de vermicompostaje, se llegó a registrar una humedad entre los rangos de 48,85 – 51,65 % (se mantuvo este porcentaje para evitar los problemas que conlleva el exceso o falta de humedad).

De acuerdo con los párrafos precedentes, se puede concluir con lo siguiente:

Se determinó la eficiencia de cada técnica de compostaje de residuos orgánicos generados en el distrito de Pedro Gálvez - San Marcos 2022; donde el vermicompostaje como el EM – Compost presentan mejores características que la muestra control.

Donde la eficiencia se determinó por el tiempo de producción de cada técnica en relación con la temperatura que presentaron; notándose que el Vermicompostaje en la semana 11 llegó a su etapa de maduración con una temperatura de 26,5 °C, seguidamente del EM – Compost en la semana 12 con una temperatura de 25 °C y por último la muestra control en la semana 14 con 23,5 °C; esto se comprobó a través del registro en la ficha de campo ya que en dichas semanas se observaron valores más estables en relación con dicho parámetro.

Se evaluó la calidad tanto del vermicompost como del compost enriquecido producido, según lo analizado por laboratorio la técnica del vermicompostaje tiene condiciones más favorables para ser aplicado como fertilizante; sin embargo, el producto final del EM – Compost también es adecuado para la aplicación en cultivos.

Semanalmente se mantuvo niveles óptimos de temperatura, humedad y pH, establecidos por la FAO, así se pudo garantizar un entorno estable y adecuado en cada una de las seis pilas durante las 16 semanas de trabajo, así, el producto final pudo contar con las condiciones deseadas para su posterior uso. El registro de los parámetros que se midieron en campo se puede ver en la tabla 9.

De acuerdo con los resultados estadísticos se pudo evidenciar que en cada técnica llegan a presentar mejores resultados en relación con el compost tradicional (muestra control), es así como se aceptó la hipótesis alternativa.

## REFERENCIAS

- Akratos, C., Tekerlekopoulou, A., Vasiliadou, J., y Vayenas, D. (2017). Cocomposting of olive mill waste for the production of soil amendments. En *Olive Mill Waste* (págs. 161-182). Recent Advances for Sustainable Management. doi:10.1016/B978-0-12-805314-0.00008-X
- Avellaneda F. (2019). *Protocolo para la producción de compost de Residuos Sólidos Orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018*. Trabajo de grado bachiller, Universidad de Lambayeque. Obtenido de: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/226/1/Tesis%20Estefania%20Avellaneda.pdf>
- Brust, G. (2019). Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. En S. a. Food. United States. doi:10.1016/B978-0-12-812060-6.00009-X
- Condori, E. y Choquepata, H. (2019). *Evaluación de métodos de compostaje de los residuos sólidos generados por el distrito de Juli, provincia de Chucuito – Puno*. Trabajo de grado bachiller, Universidad Peruana Unión. Obtenido de: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2710/Miryan\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2710/Miryan_Trabajo_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, L. (2011). La Observación. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de: [https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)
- DIGESA (2016). *Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú. Manual de Difusión Técnica N°01. Dirección de Ecología y Protección del Ambiente – DEPA*. Adquirido de: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>

- García, J. (2020). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos segregados desde la fuente, en el distrito de Bambamarca*. Tesis, Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48864>
- Akratos, C., Tekerlekopoulou, A., Vasiliadou, J., y Vayenas, D. (2017). Cocomposting of olive mill waste for the production of soil amendments. En *Olive Mill Waste* (págs. 161-182). Recent Advances for Sustainable Management. doi:10.1016/B978-0-12-805314-0.00008-X
- Brust, G. (2019). Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. En S. a. Food. United States. doi:10.1016/B978-0-12-812060-6.00009-X
- Elera, S., y Olano, E. (2019). *Determinación de la Calidad del Compost con Aplicación de Microorganismos Eficientes en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, la Pushura Provincia Jaén*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén, Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/152>
- Hoornweg, D., y Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington: World Bank. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Huayllani, K. O. (2017). *Influencia de Microorganismos Eficaces (Em-compost) en la Producción de Compost de Lodos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Concepción, 2016*. Tesis, Universidad Continental, Huancayo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3823>
- Iliquín, R. E. (2014). *Producción de Compost utilizando Residuos Orgánicos producidos en el Camal Municipal y Viviendas Urbanas aplicando los Métodos Takakura y Em-Compost en el Distrito de Chachapoyas, Región Amazonas*. Tesis, Universidad Nacional Toribio

- Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14077/1005>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., y Van Woerden, F. (2018). At a Glance: A Global Picture of Solid Waste Management. En *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* (págs. 17-37). Washington, DC: World Bank. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10986/30317>
- Najar, T. (2014). *Evaluación de la Eficiencia en la Producción de Compost Convencional con la Aplicación de la Tecnología EM (Microorganismos Eficaces) a partir de los Residuos Orgánicos Municipales, Carhuaz - 2012*. Tesis de postgrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2796420>
- Niladri, P., Utpal, G., y Gourab, R. (2019). Composting. En M. Larramendy, & S. Soloneski (Edits.), *Organic Fertilizers - History, Production and Applications*. Londres, Reino Unido. doi:10.5772/intechopen.77847
- ONU. (21 de Noviembre de 2017). *ONU. Programa para el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Oviedo-Ocaña, E., Marmolejo-Rebellon, L., y Torres-Lozada, P. (2017). Avances en Investigación sobre el Compostaje de Biorresiduos en Municipios Menores de Países en Desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 31-42. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432017000100031](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000100031)
- Palmisano, A., y Barlaz, M. (2020). *Microbiology of Solid Waste*. New York: CRC Press. Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=yI\\_wDwAAQBAJ&dq=composting+phases&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=yI_wDwAAQBAJ&dq=composting+phases&source=gbs_navlinks_s)

Penagos, J. W., Adarraga, J., Aguas, D., y Molina, E. (2011). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido. *Ingeniare*(11), 37-44. doi:10.18041/1909-2458/ingeniare.11.643

Pradas, A. (2020). *Tratamiento de residuos orgánicos mediante vermicompostaje: Interacciones lombriz-microorganismo y aplicaciones biotecnológicas del vermicompost*. Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España. Obtenido de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/21696>

Quintero, G.; Gámez, Y.; Matos, D.; Gonzales, I.; Labori, R.; y Guevara, S. (2021). *Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud*, Revista de información científica para la dirección en salud, AMERICA. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/445/4452032014/4452032014.pdf>

Rabb, O. (2017). *Estudio del Impacto del Uso del Digestato Anaerobio y Microorganismos Eficientes en el Proceso de Compostaje de Residuos de Feria*. Tesis, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. Obtenido de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/4641>

Román, P., Martínez, M. M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., y Sepúlveda-Chavera, G. (2014). Evaluación de la Calidad Química del Humus de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) Elaborado a Partir de Cuatro Sustratos Orgánicos en Arica. *IDESIA*, 32(2), 95-90. doi:10.4067/S0718-34292014000200013

Trillas-Gay, I., Avilés, M., Suárez-Estrella, F., y Moreno, J. (2014). *De Recurso a Residuo: El*

*Camino hacia la Sostenibilidad*. España: Paraninfo. Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books/about/Compost\\_y\\_control\\_biol%C3%B3gico\\_de\\_las\\_enfe.html?id=3RINBQAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Compost_y_control_biol%C3%B3gico_de_las_enfe.html?id=3RINBQAAQBAJ&redir_esc=y)

Villegas-Cornelio, V., y Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I Avances y Estrategias en el

Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*,

8(2), 393-406. doi:10.29312/remexca.v8i2.59

## ANEXOS

**Figura 18**

**Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos “El Palenque”**



**Figura 19**

**Elaboración de las pilas con ladrillos**





**Figura 20**

**Toma de pesos de residuos orgánicos municipales**



**Figura 21**

**Toma de pesos de residuos orgánicos municipales**



**Figura 22**

**Picado de verduras y armazón de pilas SEM-1**



**Figura 23**

**Picado de verduras y armazón de pilas SEM-1**



**Figura 24**

**Producto de EM – Compost (Microorganismos Eficaces)**



**Figura 25**

### Preparación del EM-COMPOST semana 3



**Figura 26**

### Siembra de lombrices *Eisenia foetida* - SEM 4



**Figura 27**

**Riego en las pilas de la técnica de Vermicompostaje**



**Figura 28**

**Riego en las pilas de la técnica de EM -Compost**



**Figura 29**

**Riego en las pilas**



**Figura 30**

**Toma de pH en la técnica de Vermicompostaje**



**Figura 31**

### Toma de pH en la técnica de EM – Compost



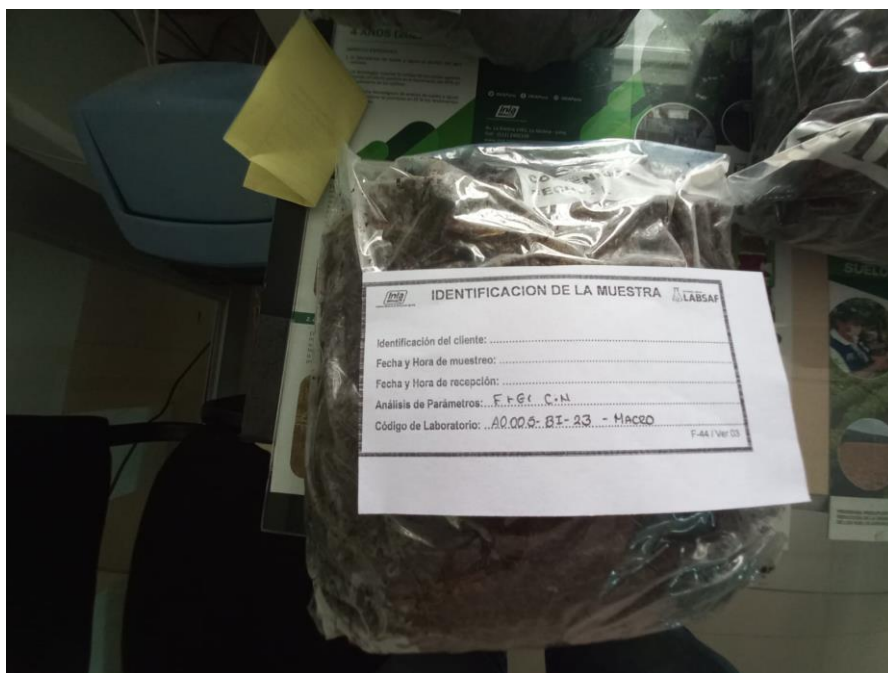
Figura 32

### Envío de muestras a laboratorio – Muestra control



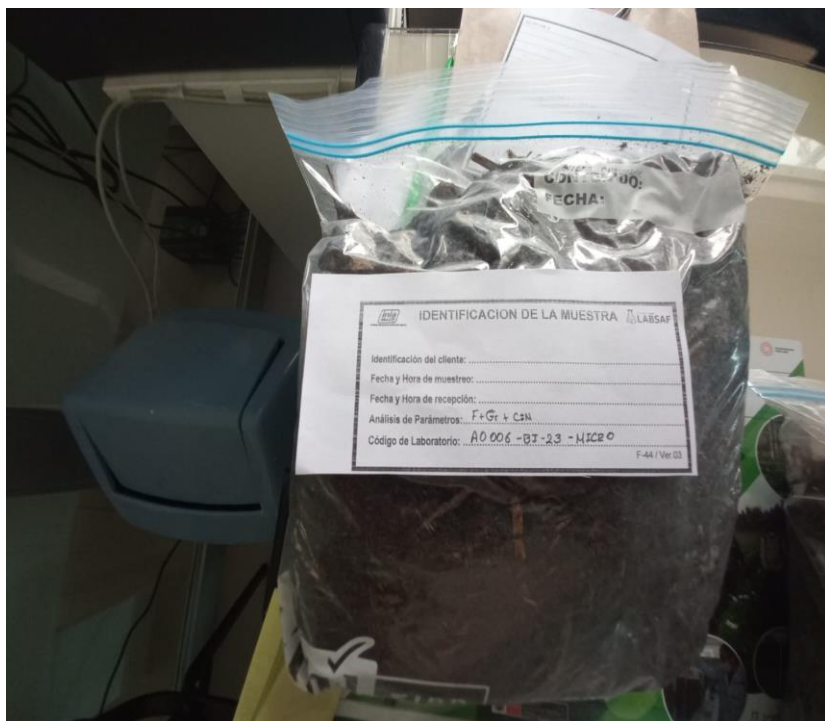
Figura 33

### Envío de muestras a laboratorio – Vermicompostaje



**Figura 34**

### Envío de muestras a laboratorio – EM – Compost





**Figura 35**

**Informe de ensayo de laboratorio INIA**



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO

### N° 03097-23/AO/LABSAF - BAÑOS DEL INCA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : BILMER JAMIL CASTAÑEDA COTRINA  
 Propietario / Productor : BILMER JAMIL CASTAÑEDA COTRINA  
 Dirección del cliente : PLAZA DE ARMAS - SAN MARCOS- CAJAMARCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 03 muestra  
 Producto declarado : Abono orgánico  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : SAN MARCOS - CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo : 13/02/2023  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 13/02/2023  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliáres - LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 25/02/2023  
 Cotización del servicio : 043-23-BI  
 Fecha de emisión : 02/03/2023

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3			
Código de Laboratorio	AO004-BI-23	AO005-BI-23	AO006-BI-23			
Matriz Analizada	Abono	Abono	Abono			
Fecha de Muestreo	13/02/2023	13/02/2023	13/02/2023			
Hora de Inicio de Muestreo (h)	15:00	15:00	15:00			
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada			
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	M2	M3			
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	8,1	8,6	8,1	
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,1	9,5	10,1	11,3	
Materia Orgánica	%	0,1	23,7	27,7	26,4	
Nitrogeno (N <sup>tot</sup> )	%	--	1,3	1,1	1,6	
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	meq/100 g	--	--	--	--	
Relación C/N		--	10,82	17,35	15,24	



Firmado digitalmente por:  
 CABRERA HOYOS Hector  
 Antonio FAU 20131360994 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 03/03/2023 09:28:0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03097-23/AO/LABSAF - BAÑOS DEL INCA

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Aluminio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-NECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.3.29 AS-33.2000. Determinación de aluminio intercambiable en suelo.
Conductividad	ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-NECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrogeno	Norma Oficial Mexicana NOM-021-NECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.8 AS-08. 2000. Contenido de Nitrogeno por el método de Kjeldahl.

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítema sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
- (\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- (\*\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: M. Sc. Mariela Cervantes Peralta - Responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131365004 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/03/2023 09:28:53-0500

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Figura 36

Fichas de campo

FICHAS DE CAMPO - REGISTRO DEL PESO EN SECO Y HUMEDO

Responsables	
Nombre y apellidos	Castañeda Fernández, Cristhina
	Castañeda Cotrina, Bismar

SEMANA	UNIDAD DE ESTUDIO	PILA 1	PILA 2	PILA 3	PILA 4	PILA 5	PILA 6
1	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	490	496	485	486	496	496
	Peso Disminuido	510	504	515	504	504	504
	% Humedad	51	50.7	51.5	50.4	50.4	50.4
2	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	494	515	516	485	496	499
	Peso Disminuido	506	485	484	515	504	501
	% Humedad	50.6	48.5	48.4	51.5	50.4	50.3
3	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	502	482	489	510	499	499
	Peso Disminuido	498	518	511	490	501	501
	% Humedad	49.8	51.1	51.1	49	50.1	50.2
4	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	513	525	490	480	493	494
	Peso Disminuido	487	475	510	520	507	506
	% Humedad	48.7	47.5	51	52	50.7	50.6
5	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	491	487	508	516	500	493
	Peso Disminuido	509	513	492	484	500	507
	% Humedad	50.9	51.3	49.2	48.4	50	50.7
6	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	500	522	499	496	494	494
	Peso Disminuido	500	478	511	504	506	506
	% Humedad	50	47.8	51.1	50.4	50.6	50.6
7	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	489	519	519	489	496	491
	Peso Disminuido	511	481	481	511	504	509
	% Humedad	51.1	48.1	48.1	51.1	50.4	50.6
8	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	520	449	487	503	502	503
	Peso Disminuido	480	551	513	497	498	497
	% Humedad	48	55.1	51.3	49.7	49.8	49.7
9	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	510	513	520	500	493	502
	Peso Disminuido	490	487	480	500	507	498
	% Humedad	49	48.7	48	50	50.7	49.8
10	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	465	489	488	499	493	502
	Peso Disminuido	535	511	512	501	507	498
	% Humedad	53.5	52.3	51.2	50.1	50.7	49.8

Nota

- la pila 1y2 corresponde a la muestra control
- la pila 3y4 corresponde a la Vermicompost
- la pila 5y6 corresponde a resultados de EM-compost

FICHAS DE CAMPO - REGISTRO DEL PESO EN SECO Y HUMEDO

Responsables			
Nombre y apellidos	Castroledo	Cotrina	Buñut Isoni
	Castañeda	Fernández	Cristina Alexander

SEMANA	UNIDAD DE ESTUDIO	PILA 1	PILA 2	PILA 3	PILA 4	PILA 5	PILA 6
11	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	466	492	485	493	482	492
	Peso Disminuido	534	508	515	507	508	508
	% Humedad	53.3	50.8	51.5	50.7	50.8	50.8
12	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	508	513	496	495	493	495
	Peso Disminuido	492	487	504	505	507	505
	% Humedad	49.2	48.7	50.4	50.5	50.7	50.5
13	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	514	524	492	491	494	505
	Peso Disminuido	486	476	508	509	506	495
	% Humedad	48.6	47.6	50.8	50.9	50.6	49.5
14	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	494	488	511	500	499	504
	Peso Disminuido	506	502	489	500	501	496
	% Humedad	50.6	50.2	48.9	50	50.1	49.6
15	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	508	514	513	491	488	495
	Peso Disminuido	492	486	487	509	502	505
	% Humedad	49.2	48.6	48.7	50.9	50.2	50.5
16	Peso Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Peso Seco	517	516	492	502	506	496
	Peso Disminuido	483	484	508	498	494	504
	% Humedad	48.3	48.4	50.8	49.8	49.4	50.4
	Peso Total						
	Peso Seco						
	Peso Disminuido						
	% Humedad						
	Peso Total						
	Peso Seco						
	Peso Disminuido						
	% Humedad						
	Peso Total						
	Peso Seco						
	Peso Disminuido						
	% Humedad						

- de pila 1 y 2 corresponde a la muestra control
- de pila 3 y 4 corresponde a la técnica de vermicompostaje
- de pila 5 y 6 corresponde a la técnica de EM-compost

FICHA DE CAMPO - ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Responsables	
Nombre y apellidos	Castañeda Cotrina Christian Alejandro Castañeda Cotrina Palmy Jovita

SEMANA	PARAMETROS A ANALIZAR POR PILA									
	PILA 1		PILA 2		PILA 3		PILA 4		PILA 5	
	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura
1	7.4	18	7.4	18	7.4	18	7.4	18	7.4	18
2	7.3	37	7.8	37	7.8	37	7.9	37	7.8	37
3	7.9	43	7.9	43	7.9	37	7.9	37	7.2	17
4	7.4	55	7.7	56	7.7	49	7.7	50	7	1
5	7.8	69	7.8	67	7.8	67	7.8	68	7.3	2
6	7.9	75	7.9	73	7.9	76	7.9	75	7.8	32
7	8.2	81	8.1	81	8.1	71	8.2	72	7.4	3
8	8.2	77	8.2	78	8	62	8	63	7.7	3
9	8.4	65	8.3	65	8.3	50	8.4	51	7.4	3
10	8.4	56	8.4	56	8.4	39	40	64	7.3	3

NOTA

- La pila 1 y 2 corresponden a la técnica control.
- La pila 3 y 4 corresponden a la técnica con vermicompost.
- La pila 5 y 6 corresponden a la técnica EM COMPOST.

FICHA DE CAMPO - ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Responsables	
Nombre y apellidos	Castañeda Cotrina Berta Idania Castañeda Fernández Cristian Alexander

SEMANA	PARAMETROS A ANALIZAR POR PILA									
	PILA 1		PILA 2		PILA 3		PILA 4		PILA 5	
	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura	pH	Temperatura
11	8.7	43	8.5	43	8.5	31	8.4	31	7.5	
12	8.7	38	8.8	37	8.7	27	8.7	27	7.3	
13	8.7	32	8.7	30	8.7	26	8.7	26	7.1	
14	8.8	27	8.5	28	8.5	25	8.8	25	7.2	
15	8.4	23	8.5	25	8.5	27	8.4	27	6.9	
16	8.4	23	8.4	24	8.4	26	8.4	26	6.7	

NOTA

- La pila 1 y 2 corresponde a muestra control
- Pila 3 y 4 a corresponde a la técnica con Vermicompost
- La pila 5 y 6 corresponde a EM - COMPOST