

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES COMERCIALES EN LA
OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE GANADO
VACUNO Y RESIDUOS DOMICILIARIOS EN HUACRARUCO - DISTRITO SAN
JUAN - 2022**

Bach. Maycol Miuler Bazán Polanco

Bach. Yack Arthur Jave Yépez

Asesor:

Mg. Ing. Alcibíades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES COMERCIALES EN LA
OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE GANADO
VACUNO Y RESIDUOS DOMICILIARIOS EN HUACRARUCO - DISTRITO SAN
JUAN - 2022**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título
Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach. Maycol Miuler Bazán Polanco

Bach. Yack Arthur Jave Yépez

Asesor:

Mg. Ing. Alcibíades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

2022

COPYRIGHT © 2022 by

BACH. MAYCOL MIULER BAZÁN POLANCO

BACH. YACK ARTHUR JAVE YÉPEZ

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO
PROFESIONAL**

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES COMERCIALES EN LA OBTENCIÓN
DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO Y
RESIDUOS DOMICILIARIOS EN HUACRARUCO - DISTRITO SAN JUAN - 2022.**

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

Coasesor (*): _____

(*) Si lo hubiera y de ser pertinente

Dedicatoria

A:

Mis padres, por su esfuerzo inagotable, apoyo incondicional y orientación en mi fase
estudiantil.

Mis profesores y asesores por su esfuerzo, paciencia y colaboración a lo largo de mi estudio
profesional.

Agradecimientos

-A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por representar una institución prestigiosa, con un alto nivel en formación profesional, y enfocada en proporcionar herramientas que me permiten tener un mejor nivel profesional en el mercado laboral.

-Al asesor Mg. Ing. Alcibíades Aurelio Martos Díaz, por esfuerzo y apoyo a lo largo de la investigación, y por representar un pilar fundamental para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

Resumen

La presente investigación se enfocó en la evaluación del efecto de los microorganismos eficaces comerciales en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022, mediante la descripción de las características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) y determinación de la efectividad de microorganismos eficientes comerciales EM-COMPOST para la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios. La metodología se basó en el diseño de una investigación experimental, apoyado en un enfoque de laboratorio y de campo, la unidad de análisis de la presente investigación estará conformada por el estiércol (fresco) de ganado vacuno y residuos orgánicos domiciliarios (aserrín, cascaras de papa, cascaras de fruta y cascaras de hortalizas) suficientes para instalar las pilas o camas del experimento. Los hallazgos obtenidos evidenciaron que los microorganismos eficaces comerciales tienen un efecto significativo en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022.

Palabras claves: residuos domiciliarios, estiércol, ganado vacuno, abono orgánico

Abstract

The present investigation focused on the evaluation of the effect of commercial effective microorganisms in obtaining organic fertilizer from cattle manure and household waste in Huacraruco - San Juan District - 2022, by describing the physical and chemical characteristics of the organic fertilizer obtained from cattle manure and household waste using effective commercial microorganisms (EM-COMPOST) and determination of the effectiveness of efficient commercial microorganisms EM-COMPOST for obtaining organic fertilizer from cattle manure and household waste . The methodology was based on the design of an experimental investigation, supported by a laboratory and field approach, the unit of analysis of the present investigation will be made up of (fresh) manure from cattle and household organic waste (sawdust, shells of potatoes, fruit peels and vegetable peels) enough to install the piles or beds of the experiment. The findings obtained showed that effective commercial microorganisms have a significant effect on obtaining organic fertilizer from cattle manure and household waste in Huacraruco - San Juan District - 2022.

Keywords: household waste, manure, cattle, organic fertilizer

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1. Planteamiento del problema de investigación.....	12
1.1. Descripción del Problema	12
1.2. Definición del Problema	14
1.3. Objetivos	15
1.4. Justificación e Importancia	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2. Fundamentos teóricos de la investigación	17
2.1. Antecedentes Teóricos	17
2.2. Marco Teórico	24
2.2.1. Compostaje o producción de abono orgánico.....	24
2.2.2. Proceso de compostaje.....	26

2.2.3.	Factores que intervienen en el proceso de compostaje	29
2.2.4.	Microorganismos eficaces (EM).....	36
2.2.5.	Composición de Microorganismos Eficaces.....	36
2.2.6.	Uso de los microorganismos eficaces	38
2.3.	Marco Conceptual	41
2.3.1.	Anaeróbico:.....	41
2.3.2.	Estiércol:	42
2.3.3.	Humus:	42
2.3.4.	Materia orgánica:	42
2.3.5.	Patógeno:.....	42
2.3.6.	Residuos orgánicos:	42
2.3.7.	Tratamiento:	42
2.3.8.	Vermicompost:.....	43
2.4.	Hipótesis	43
2.5.	Operacionalización de variables.....	43
CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN		45
3.1.	Tipos de Investigación	45
3.2.	Diseño de Investigación	45
3.3.	Área de Investigación	46
3.4.	Materiales y Equipos	47
3.5.	Población	48

3.6. Muestra	49
3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	50
3.7.1. Técnicas de recolección de datos	50
3.7.2. Instrumento de recolección de datos.....	53
3.8. Técnicas para el procesamiento y análisis datos	53
3.9. Interpretación de datos	54
CAPÍTULO IV: RESULTADOS y DISCUSIONES	55
4.1. Descripción de las características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios empleando microorganismo eficaces comerciales (EM-COMPOST).....	55
4.1.1. Características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) 58	
4.1.2. Características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).	59
4.2. Determinación de la efectividad de microorganismos eficientes comerciales EM-COMPOST para la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios	60
4.2.1. Efectividad de los microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).....	63

4.2.2. Efectividad de los microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).....	65
4.3. Discusiones	67
CAPÍTULO V: Conclusiones y recomendaciones	70
5.1. Conclusiones.....	70
5.2. Recomendaciones	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	79
ANEXOS A	79
Anexo B	80
Anexo C	81
Anexo E	83
Anexo F.....	84
Anexo G.....	85
Anexo H.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones de matanza térmica para algunos patógenos comunes en la fermentación	31
Tabla 2 Cantidad de EM según las diferentes dosis	38
Tabla 3 Operacionalización de variables	43
Tabla 4 Descripción de los tratamientos en estudio.....	49
Tabla 5 Estadísticos descriptivos para el procesado de abono a partir de residuos domiciliarios	55
Tabla 6 Comparación de los parámetros de procesado de abono a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)	56
Tabla 7 Estadísticos descriptivos para el procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno	57
Tabla 8 Comparación de los parámetros de procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)	58
Tabla 9 Estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)	58
Tabla 10 Estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)	60
Tabla 11 Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).....	61
Tabla 12 Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).....	62

Tabla 13 Pruebas multivariantes para abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios	64
Tabla 14 Pruebas de efectos inter-sujetos para abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios	65
Tabla 15 Pruebas multivariantes para abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno	66
Tabla 16 Pruebas de efectos inter-sujetos para abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principio o proceso de fermentación aeróbica	27
Figura 2	Clasificación de los parámetros de compostaje.....	35
Figura 3	Mapa de ubicación del Invernadero rustico	47
Figura 4	Croquis experimental	51

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema de investigación

1.1.Descripción del Problema

Desde principios del siglo XXI, se han producido anualmente en todo el mundo más de 30 millones de toneladas de estiércol de ganado vacuno (contenido de N), un número que sigue creciendo (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

A nivel global, los animales contribuyen de manera importante a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones globales de GEI están aumentando rápidamente a pesar de los esfuerzos de mitigación que se realizan actualmente en todo el mundo (Tongwane y Moeletsi, 2021). Además, el presupuesto global de CH₄ es incierto y no se conoce completamente sus fuentes, incluida la contribución del ganado (Chang et al., 2019; Lunt et al., 2019).

En las últimas tres décadas, China ha experimentado una transformación sustancial en su industria ganadera, en 2017, se generaron 959,36 millones de toneladas de estiércol en China, de las cuales Mongolia Interior, Sichuan y Xinjiang, las tres principales provincias productoras de estiércol, produjeron el 11,03%, el 8,34% y el 6,8% del total, respectivamente (Wang et al., 2021).

Este mismo problema se evidencia en Latinoamérica, Brasil es una de las mayores canteras de ganado del mundo, genera grandes cantidades de residuos orgánicos, siendo el estiércol del ganado la fuente más utilizada (Vieira, et al., 2017). En Brasil, se generan alrededor de 79,9

millones de toneladas de desechos urbanos cada año, y más de la mitad de estos desechos son de origen orgánico, incluyendo residuos de animales, desechos de jardinería y hierbas. Los residuos orgánicos, también conocidos como "residuos verdes", constituyen el 60% de la basura generada en el país. Según el último Censo Agropecuario del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, a partir del año 2006, la ganadería bovina fue el 11,57% del número efectivo de animales criados en Brasil. Se estima que el ganado produce unos 3,5 kg de residuos (orina + heces) al día (De Abreu et al., 2018).

En el caso de Perú, no se tiene registros oficiales de la producción de estiércol del ganado vacuno, sin embargo, Castañeda (2018) determinó la cantidad de estiércol a partir del peso promedio del ganado vacuno peruano (218 kg) y la cantidad de excremento producido por el ganado (10-20 kg/día), es decir el 5,5% del peso corporal/día, obteniendo una producción de 31,5 millones de toneladas de estiércol para el año 2018. Por otra parte, destaca que alrededor del 70% de los desechos que se producen en el Perú tienen potencial para ser reutilizados y transformados en nuevos artículos. De estos, el 54% son de origen biológico y pueden ser aprovechados para la elaboración de compost. (Ministerio del ambiente [MINAM], 2019).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y riego (MIDAGRI, 2017), la población de ganado vacuno tiene un constante crecimiento desde el año 2012, para el año 2017 la provincia de Cajamarca lidera la población de vacas de ordeño con 17.7% del total de 893,769 cabezas, así como la producción de carne en 1.58%, por ser la región con mayor producción ganadera del país se genera la mayor cantidad de estiércol y los cuales generan problemas para el ambiente.

Si no se gestiona adecuadamente el estiércol generado en la actividad ganadera puede traer consecuencias al ambiente, ya que agregar estiércol al suelo cambia sus propiedades químicas

(cambio en la concentración de nutrientes, el perfil de oligoelementos y el nivel de pH) y físicas. (alteración de la permeabilidad, la conductividad hidráulica, la agregación y la densidad aparente), también puede afectar el movimiento de nutrientes y agua dentro del perfil de los suelos (Wang et al, 2021).

Esta problemática se refleja en todas las zonas productoras del país, como es el caso del distrito de San Juan de la Provincia de Cajamarca, específicamente en el caserío Huacraruco, la cual cuenta con un aproximado de 3000 cabezas de ganado vacuno, el cual genera una gran cantidad de estiércol, lo cuales se almacena en silos de 50 m² y cuando estos contenedores están a su máxima capacidad simplemente el estiércol se deja en el pasto para que se descomponga, de igual modo los residuos domiciliarios son dirigidos a la intemperie provocando efectos negativos al ambiente y a los pastos con el mal uso del estiércol y de residuos domiciliarios. Con la presente investigación, se trata de contribuir con el buen uso del estiércol de ganado vacuno y con la materia orgánica proveniente de residuos orgánicos domiciliarios mediante la obtención de abono por acción de microorganismos eficaces comerciales usando el EM-COMPOST.

1.2. Definición del Problema

Uso inadecuado del estiércol de ganado vacuno y de residuos orgánicos domiciliarios, contribuyendo a la contaminación del ambiente en Huacraruco

¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces comerciales en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022?

1.3.Objetivos

Objetivos general

Evaluar el efecto de los microorganismos eficaces comerciales en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022.

Objetivos específicos

- a) Describir las características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).

- b) Determinar la efectividad de microorganismos eficientes comerciales EM-COMPOST para la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios.

1.4.Justificación e Importancia

A partir de lo expuesto, se puede concluir que la justificación de esta investigación se basa en contribuir teóricamente a mejorar la comprensión de las variables estudiadas. Esto permitirá asimilar fundamentos importantes y avanzar en el conocimiento del tema en cuestión de la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios, por la otra, discernir los criterios sobre los microorganismos eficaces comerciales. Igualmente, constituye un aporte teórico en materia del abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios, pues si bien, este tema ha sido abordado en otras condiciones

geo ambientales, requerimos conocer los resultados en condiciones de Huacraruco, por lo tanto, los hallazgos del presente estudio, contribuiría con la discusión académica que sostiene la ciencia de la ingeniería ambiental.

Desde la perspectiva práctica, esta investigación tendrá como aporte obtener abono orgánico utilizable que genere rentabilidad para todos los productores pecuarios, especialmente a los productores de ganado vacuno, ya que permitirá aprovechar residuos como el estiércol y orgánicos domiciliarios para generar un producto comercializable y aumentar sus ingresos, además de disminuir el impacto ambiental que genera su actividad.

Este estudio representa una contribución valiosa desde el punto de vista metodológico para la investigación futura en la industria ganadera, en particular en el sector del ganado vacuno. Los resultados obtenidos a partir de este estudio pueden ser utilizados para desarrollar nuevas técnicas y herramientas de recolección de datos relacionados con la producción de abono orgánico. Además, estos resultados pueden ser utilizados para establecer un procedimiento estandarizado para la medición y análisis de dicho abono.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes Teóricos

En la investigación de Qu et al. (2019) en su artículo titulado “Efect of EM microbial agent on aerobic composting for dairy cattle manure”, plantearon como propósito estudiar el efecto del microorganismo eficiente EM en el compostaje de estiércol de vaca mediante la optimización de las condiciones experimentales. La metodología planteada fue un experimento a escala piloto. Dos lotes de estiércol de vaca como grupos de control (GC) y experimental (GE), respectivamente. Cada lote estaba compuesto por 3 t de estiércol vacuno, 1,2 t de residuos de tabaco, 150 kg de CaO y 100 kg de superfosfato (SSP). Se añadieron 25 kg de EM en el GE. Se obtuvo que, la temperatura del lote en las profundidades de 15 y 30 cm fueron superior a 60 °C sin diferencias significativas entre los lotes GE y el GC a 15 cm y mientras que a 30 cm si lo fue; Los valores de pH al final del compostaje, el valor del pH se mantuvo estable en torno a 9,0 sin diferencias significativa; el contenido de humedad reportado a 35 días para cada uno de los lotes disminuyó hasta el 30%, sin diferencias significativas; la relación C/N para el GC y el GE se acercó a 25 durante 35 días de compostaje sin diferencias significativas. Se concluye que, el efecto de la adición de bacterias EM no fue evidente en el proceso de compostaje. Según el análisis estadístico, la temperatura, el valor del pH, la humedad y la relación C/N fueron $p > 0,05$, lo que indica que hay poca diferencia significativa entre el GE y el GC.

Nova y Mamani (2020) en su investigación denominada “Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal de bebe para la producción de humus”, plantearon como objetivo estudiar la aplicación de

microorganismos eficientes (EM) con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal (PP) de bebe para la producción de humus. La metodología fue experimental con un diseño completamente al azar (DCA), el factor A: con y sin EM, y factor b: con y sin (PP), con la siguiente combinación de factores: T1 (con EM y con PP), T2: (con EM y sin PP), T3: (sin EM y sin PP) y T4: (sin EM y con PP), se realizaron 4 repeticiones, en total 16 muestras, en todos los casos con presencia de lombrices roja californianas (LRC), la proporción de gel de pañal y abono fue 1:1, en los lotes con EM se agregó 2.5 L. Se obtuvo como resultado, que el pH inicial para los tratamientos con EM fue para T1 de 5.56 y T2 de 6.38 y sin EM fue para T3 de 5.57 y T4 de 4.53 con diferencias significativas en el factor A, el pH final con EM fue para T1 de 6.97, T2 de 6.82 y para sin EM fue para T3 de 6.75 y T4 de 6.67, si diferencias significativas en ninguno de los factores; en cuanto al tiempo de descomposición el factor A tuvo una duración para T1 y TE de 27.8 días, y para el factor B tuvo una duración para T3 y T4 de 32.3 días, solo existiendo diferencias significativa para el factor A; como características finales del compost sin PP tuvo una humedad de 25.7% y la con PP de 24%, la materia orgánica (MO) sin PP fue de 63.1% y con PP fue de 56.0%, el pH sin PP fue de 9.05 y con PP de 8.05, el N-Kjeldahl sin PP fue de 2.33% y con PP de 1.94 y el *E-Coli* sin PP fue de <10 UFC/g y con PP fue de <20 UFC/g. Se concluye que, la posibilidad de realizar un compost de MO, con PP, es alta, ya que no afecta su proceso de obtención, permitiendo al producto final tener mayor capacidad de absorción de agua que favorecería su uso en zonas áridas, además de darle una utilidad a la PP.

Gunawan et al. (2020) en su artículo “Performance analysis of effective microorganisms on chicken manure composting” plantearon como objetivo determinar los EM locales adecuados en función del coste y la calidad del abono, específicamente valores NPK. La metodología aplicada fue experimental, Se prepararon cinco lotes de estiércol de pollo con dos configuraciones de control de estiércol solo y estiércol con serrín (con una relación carbono-

nitrógeno, C/N de 30:1). Los lotes restantes de estiércol se trataron con diferentes EM comerciales. Los valores de temperatura y pH se midieron cada 3 días durante 45 días. Se obtuvo como resultado que, la temperatura más alta registrada fue de 45°C y el pH medido estuvo entre 4,0 y 6,5. Los abonos maduraron a los 24, 27 y 45 días para el EM1 (local), el EM3 (importado) y el EM2 (local), respectivamente. Los valores más altos obtenidos para el K (412 ppm para EM1), el P (331 ppm para EM2) y el N (336 ppm para EM2), con un bajo nivel de energía (11,7 kJ/g) y de coste de aplicación (40,86 USD/tonelada de estiércol). Se concluye que el EM3 fue la mejor opción. Sin embargo, los valores NPK más altos de EM2 y la maduración más rápida de EM1 también los convierten en sustitutos locales prometedores.

Van Fan et al. (2018) en su artículo “Evaluation of Effective Microorganisms on Home Scale Organic Waste Composting”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de Effective Microorganism™ (EM) para el co-compostaje a escala doméstica de residuos de alimentos, salvado de arroz y hojas secas. La metodología empleada fue experimental, el compostaje a escala doméstica se llevó a cabo con y sin EM (control) para identificar las funciones del EM. Se observó que el compost con EM alcanzó una temperatura ligeramente superior en la fase inicial, con supresión del mal olor, un mejor proceso de humificación y una mayor reducción de grasa (73 %). No se encontraron diferencias significativas en los compostes finales inoculados con y sin EM. Las propiedades incluían el pH (~7), la conductividad eléctrica (~2), la relación carbono-nitrógeno (C: N <14), el color (marrón oscuro), el olor (olor a tierra), el índice de germinación (>100 %), el contenido de ácido húmico (4,5-4,8 %) y el contenido de patógenos (sin Salmonella, <1000 Número Más Probable/ g de *E.coli*). Todas las muestras estaban bien maduras en 2 meses. Los contenidos de K y P en ambos casos fueron similares, aunque el compost EM tiene un mayor contenido de N (+1,5%). Se concluye que los resultados

globales sugieren el efecto positivo proporcionado por el EM, especialmente en el control del olor y la humificación.

En la investigación realizada por Reynoso (2021) en su tesis “Elaboración de vermicompost con estiércol de vacuno utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia Foétida*) y microorganismos eficientes en la granja ecológica Linderos, Tomayquichua, ambo, Huánuco 2020”, cuyo objetivo fue determinar las diferencias existentes entre los vermicompost producidos con estiércol vacuno (EV) empleando LRC y EM. La metodología fue experimental, con un diseño prospectivo, transversal y analítico, se aplicaron 6 tratamientos en 12 parcelas, se aplicó t de Student como prueba estadística. Se obtuvo como resultado, que la cantidad promedio de vermicompost a partir de EV empleando LRC fue 98.92 kg (65.95%), 48.86 kg (32.57%) y 2.22 kg (1.48%) para 1era calidad, 2da calidad y 3era calidad, mientras que el vermicompost a partir EV empleando EM fue 78.80 kg (52.59%), 66.24 kg (44.16%) y 4.88 kg (3.25%) para 1era calidad, 2da calidad y 3era calidad; en relación a la características física y química se obtuvo para el vermicompost a partir de EV empleando LRC no se obtuvo medidas de propiedades físicas ni de N mientras que se obtuvo 0.09%, 0.61%, 0.35%, 0.08% y 0.31% para P₂O₅, Ca, Mg, K y Na, mientras que el producido a partir de EV y EM se obtuvo 64.45%, 19.64% y 55.25% para humedad, MO en base húmeda y MO en base seca, así como 5.19%, 1.91%, 0.75%, 0.92%, 0.66% y 0.13% para N, P₂O₅, Ca, Mg, K y Na. Se concluye que, existen evidencias diferencias significativas entre los vermicompost de 1era calidad.

Pillco Mamani (2020) en su tesis “Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces”, se planteó como propósito evaluar el proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando EM. La metodología empleada fue experimental, empleando el DCA con tres tratamientos, T1: 100% residuos orgánicos (RO) y 200 ml de EM,

T2: 50% RO, 50% estiércol de ovino (EO) y 200 ml de EM y T3: 40% RO, 30% de EO, 30% de tallos de cañiha y 200 ml EM, se aplicaron tres repeticiones a cada uno, se evaluaron características físicas y químicas del compost y el análisis estadístico se basó en ANOVA y la prueba de Tukey. Se obtuvo como resultado que el tiempo de descomposición fue 61 días, 52 días y 75 días para T1, T2 y T3; el tamaño de partícula fue menor de 1.5 mm en un rango de 85.7 al 90.6% del compost; la temperatura promedio fue 25.58 °C, 27.63 °C y 25.78 °C para T1, T2 y T3; mientras que el pH solo varió 0.65 su valor, 7.05, 7.7 y 7.6 para T1, T2 y T3; la MO promedio obtenida fue 24.45%, 33.79% y 28.81% para T1, T2 y T3; el N promedio fue de 0.75%, 2.74% y 2.85% para T1, T2 y T3; el P₂O₅ promedio fue de 0.62%, 0.87% y 0.81% para T1, T2 y T3 y el K promedio obtenido fue de 0.10%, 0.43% y 0.59% para T1, T2 y T3, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para todas las pruebas realizadas (p<0.05). Se concluye que la calidad de material obtenido con los tres tratamientos cumple con los parámetros de MO, N y P₂O₅.

Montero Ramírez (2019) en su tesis “Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco marca, departamento de Huánuco noviembre-2018-enero-2019”, planteó como propósito la evaluación de la eficacia de EM en la producción de compost a partir de la MO. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de tipo experimental, las muestras estuvieron conformada por residuos sólidos orgánicos de 4 mercados, aserrín y estiércol, se aplicó dosis de EM a las muestras TA y sin dosis de EM para las muestras TB, se tomaron 4 muestras de compost con dos tipos de tratamiento, aplicando tres repeticiones para las muestras con EM y una repetición para la muestra sin EM. Los resultados revelaron que la descomposición de la MO fue de 45 días para TA, mientras que la muestra TB no se descompuso en su totalidad; la temperatura promedio para TA fue de 48.55

°C y para TB fue de 41.44 °C; la humedad promedio para TA fue de 57.45% y para TB fue de 56.73%; el pH promedio para TA fue de 7.27 y para TB fue de 7.22; ahora bien, las características del suelo luego de la aplicación de las muestras de compost TA fueron 39.6%, 50.5%, 2.380%, 0.162%, 1.130%, 0.690%, 0.660% y 0.039% para la Humedad, MO, N, P₂O₅, Ca, Mg, K y Na respectivamente, y para TB fueron 38.4%, 72.3%, 2.130%, 0.157%, 0.920%, 0.600%, 0.450% y 0.180% para la Humedad, MO, N, P₂O₅, Ca, Mg, K y Na respectivamente. Se concluye que, se obtuvieron compost de clase A en la mayoría de los parámetros medidos y los EM generan mayor cantidad de producto.

Miraval Tarazona (2019) en su tesis “Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, Tomayquichua, ambo, Huánuco, diciembre 2018–marzo 2019”, planteo como propósito demostrar la eficiencia de producir compostaje empleando residuos orgánicos de cocina (ROC) y EV. La metodología aplicada fue de enfoque mixto, con nivel cuasi experimental, se realizaron tres tratamientos T1 (EV + ROC + EM), T2 (EV + ROC + *Lactobacillus Lactis*) y T3-testigo (EV + ROC). Las características físicas obtenidas para T1 fueron pH de 8.3, humedad de 5.80%, MO base húmeda de 18.32%, cenizas base húmeda de 22.78%, MO base seca de 44.58% y ceniza base seca 55.42%, para el T2 fueron pH 8.34, húmeda de 62.70%, MO base húmeda de 13.29%, ceniza base húmeda de 24.01%, MO base seca de 35.64% y cenizas base seca de 64.36%; las características químicas para T1 fueron P₂O₅ 0.162%, Ca 6.80%, Mg 2.43%, K 1.13%, y Na 1.36%, mientras que para el T2 fueron P₂O₅ 0.157%, Ca 4.93%, Mg 1.62%, K 1.04%, y Na 1.90%, Se concluye que los EM y *Lactobacillus Lactis* son eficiente para la producción de compostaje con ROC y EV.

Inga Alcántara, (2018) en su tesis “Eficiencia del tratamiento de residuos orgánicos pecuarios en composteras, mediante microorganismos eficientes presentes en la col China, julio 2017 – julio 2018”, planteó como propósito evaluar una variante distinta de la realización de compostaje a partir de residuos orgánicos pecuarios. La metodología aplicada se basó en un experimento de tres tratamientos diferentes, dos repeticiones de cada uno estando conformada por estiércol de equinos (EE), bovino (EB), ovino (EO) y camélidos sudamericanos (llamas) (EC), los tratamientos tuvieron la misma proporción de estiércol con una variación de EM, T0 (sin EM), T1 (con 3.200 L EM), T2 (con 3.200 L EM en la col china). Se obtuvo como resultado para la propiedades físicas finales un pH promedio para T1 de 8.658, para T2 de 8.758 y para T0 de 8.783; un relación C/N promedio para T1 de 10.580, para T2 de 10.153 y para T0 de 10.925; la MO en base seca promedio para T1 de 43.037%, para T2 de 41.178% y para T0 de 41.683%; la humedad promedio para T1 de 38.782%, para T2 de 38.958% y para T0 de 34.718%; mientras que los parámetros químicos finales obtenidos como el contenido de N promedio para T1 fue 2.627%, para T2 fue 2.618% y para T0 fue 2.330%; el contenido de P promedio para T1 fue 0.190%, para T2 fue 0.140% y para T0 fue 0.150%, el contenido de K promedio para T1 fue 1.913%, T2 fue 2.110% y para T0 fue 1.645%. Se concluye que las diferencias entre los tratamientos no son significativas y la mayoría de los parámetros evaluados cumplen con la clase A de compost del INN de Chile.

Castillo Huamán, (2019) en su tesis “Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019”, planteo evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5 %, realizado en el distrito de Huayucachi, Huancayo. Dentro Investigación, el método

experimental adopta un diseño completamente aleatorio, Utilice 12 compostadores de 0,8 m x 0,6 m para monitorear continuamente los parámetros Temperatura, pH, humedad y conductividad. La muestra fue analizada En el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM. Los resultados han permitido determinar los parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánico, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, relación: N, cromo y plomo están todos dentro del rango estándar Compost de alta calidad proporcionado por las normas técnicas chilenas, FAO, IIAP-Iquitos y EPA Australia.

2.2.Marco Teórico

2.2.1. Compostaje o producción de abono orgánico

El compostaje o la fermentación aeróbica son técnicas comúnmente utilizadas para producir abono orgánico a partir de residuos agrícolas, residuos pecuarios. Sin embargo, el compostaje tradicional tiene muchas desventajas, como la gran superficie, el largo ciclo de fermentación, la grave contaminación por olores en el proceso de fermentación, la baja calidad y la limitada salida de productos de baja calidad. La etiqueta negativa está restringiendo la promoción y la aplicación integral del proceso. El compostaje es una forma eficaz de utilizar estos residuos agrícolas y pecuarios llenos de recursos (Mengqi et al., 2021).

En comparación con otros métodos de tratamiento de los residuos agrícolas, el compostaje no sólo puede eliminar los olores, las sustancias tóxicas y las bacterias patógenas, sino que el producto del compostaje también puede aplicarse como enmienda del suelo, lo que aumenta y mejora la estructura del suelo, incrementa el proceso geoquímico de los nutrientes de los cultivos y el nivel de fertilidad del suelo (Mengqi et al., 2021).

Aunque el compostaje tiene muchas ventajas en el tratamiento del estiércol del ganado vacuno, en el compostaje aeróbico tradicional del estiércol del ganado vacuno, la temperatura del compost debe ser superior a 50 °C, y la duración debe ser de 5 a 10 días para cumplir los requisitos de saneamiento inofensivo del estiércol (Mengqi et al., 2021). Además, a veces, debido a las características fisicoquímicas de los residuos orgánicos, el compostaje aeróbico convencional no es adecuado para la descomposición. Estas características provocan un menor incremento de la temperatura en el proceso de compostaje, lo que conduce a un mal saneamiento del compost, a una descomposición insuficiente y a dañar la calidad del compost. Junto con los beneficios del compostaje, el compostaje aeróbico convencional también puede implicar la producción de muchas sustancias y gases no deseados, como NH₃, H₂S (Jurado et al., 2015)

Además, a menudo se necesita mucho tiempo para que los materiales orgánicos se descompongan por completo en una gran superficie de terreno, y la pérdida de carbono y nitrógeno orgánico es grande durante el proceso de compostaje. Sin embargo, sólo se necesitan entre 10 y 30 minutos para eliminar los patógenos del estiércol animal aumentando la temperatura de tratamiento por encima de los 70 °C (Mengqi et al., 2021).

Debido a la elevada concentración de nitrógeno en el estiércol del ganado, varias emisiones gaseosas de compuestos nitrogenados, como amoníaco (NH₃), óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO), metano (CH₄) y compuestos orgánicos volátiles (COV), constituyen uno de los principales retos del compostaje convencional de residuos agrícolas. El componente principal de la emisión gaseosa es el NH₃, y el compostaje típico desperdicia una proporción significativa de los recursos de nitrógeno en forma de emisiones de amoníaco (70-88%). Estas emisiones olorosas perjudican al ecosistema porque el NH₃ es oloroso, desagradable y tóxico.

El precursor de las partículas diminutas (PM_{2,5}) en la atmósfera es el NH₃. La eliminación de NH₃ provoca la acidificación y eutrofización del ecosistema. Además, la pérdida de NH₃ reduce el potencial fertilizante del compost (Mengqi et al., 2021).

2.2.2. Proceso de compostaje

La fermentación aeróbica o el compostaje son términos intercambiables. La diferencia entre el proceso de fermentación aeróbica de residuos orgánicos y el proceso de compostaje tradicional son los microorganismos eficientes para la degradación de residuos orgánicos en el proceso de fermentación. El uso del agente microbiano en el proceso de compostaje aeróbico lo convierte en un proceso de fermentación aeróbica. El sustrato orgánico en el proceso de fermentación se puede seleccionar de acuerdo con la naturaleza de los desechos orgánicos. El polvo de paja de cultivo, aserrín, cáscara de arroz, cáscara de coco, salvado de arroz, etc. se puede utilizar como sustrato de fermentación de desechos orgánicos. El inóculo de fertilizante microbiano se elabora secando el bacilo resistente a altas temperaturas, deficiencia de carbono y oxígeno, y puede almacenarse durante mucho tiempo (Mengqi et al., 2021).

Distintos investigadores han estudiados microorganismos para la fermentación, en el caso de Xi et al. (2015) agregó bacterias compuestas durante la fermentación de desechos orgánicos, los resultados mostraron efectos notables del inóculo y se descompusieron fertilizantes orgánicos de alta calidad en pocos días. Li et al. (2021) mezcló aserrín con estiércol de pollo y luego agregó un agente bacteriano compuesto para llevar a cabo la fermentación y preparar fertilizante orgánico de alta calidad. Otros investigadores mezclaron el polvo de paja con diferentes materiales y luego agregaron algunos microorganismos aeróbicos para llevar a cabo la fermentación aeróbica para producir fertilizantes de alta calidad en pocas semanas (Wan, et al., 2020; Sánchez et al., 2017). Los desechos orgánicos después del proceso de fermentación

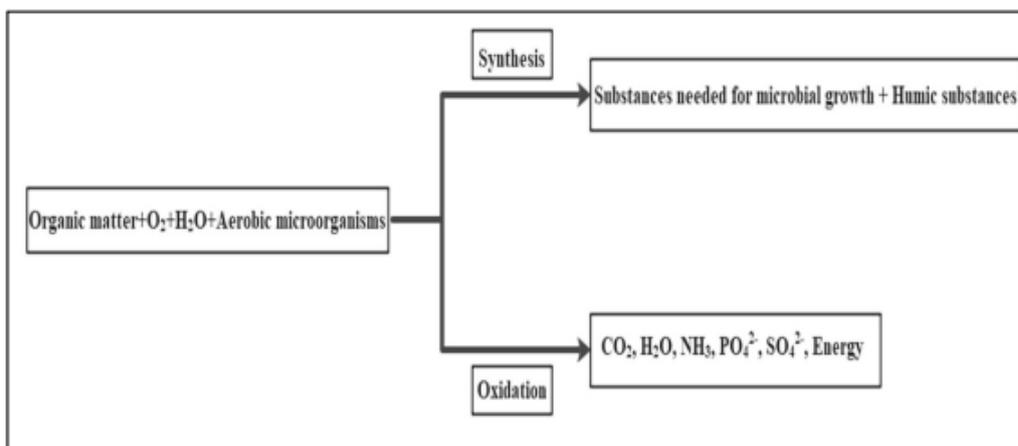
se pueden empaquetar directamente como fertilizante orgánico terminado cuando su contenido de humedad es de aproximadamente el 30%. El fertilizante orgánico terminado se puede aplicar a las tierras agrícolas en general para mejorar el entorno del suelo y ser más adecuado para la producción de "alimentos verdes" para mejorar su calidad (Mengqi et al., 2021).

a) Principio de fermentación aeróbica

La fermentación aeróbica se refiere a microorganismos aeróbicos (bacterias, actinomicetos, hongos, entre otros) que pueden oxidar la materia orgánica de moléculas pequeñas en el sustrato de fermentación y liberar la energía necesaria para las actividades de crecimiento biológico a través de sus actividades vitales en condiciones adecuadas de ventilación, suministro de oxígeno, temperatura, contenido de humedad, valor de pH, C/N, tamaño de partícula, entre otros. También descompone parte de la materia orgánica macromolecular, la transforma en nutrientes necesarios para los organismos, que promueve el crecimiento y reproducción de microorganismos y produce más microorganismos para favorecer el proceso de fermentación (Mengqi et al., 2021). El principio se muestra en la Figura 1.

Figura 1

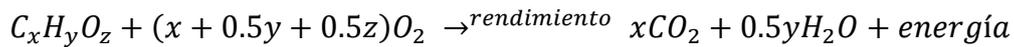
Principio o proceso de fermentación aeróbica



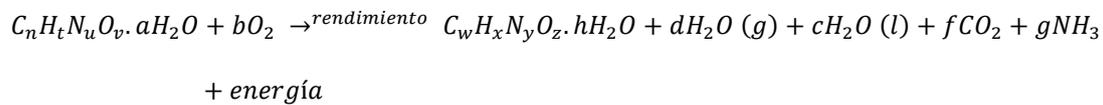
El autor antes citado indica que la materia orgánica se fermenta para formar una sustancia similar al humus del suelo, mejorando el suelo. La siguiente ecuación de reacción química puede representar el proceso de fermentación aeróbica de desechos orgánicos:

Oxidación de materia orgánica.

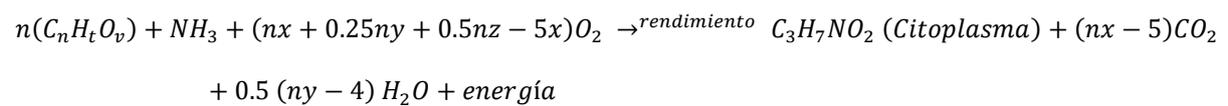
Oxidación de materia orgánica sin nitrógeno.



Oxidación de materia orgánica que contiene nitrógeno.



Formación de sustancias celulares.



El proceso de oxidación de sustancias intracelulares.



La fermentación aeróbica de residuos orgánicos se realiza principalmente en condiciones naturales. El compostaje aeróbico tradicional es un proceso de biodegradación de materia orgánica por microorganismos existentes en los desechos orgánicos. Muchos factores afectarán el proceso de fermentación del compostaje aeróbico rápido, estos factores se dividen en factores internos y factores externos. Los factores internos incluyen los tipos de desechos orgánicos que se degradan y los tipos de microorganismos; factores externos como ventilación, suministro de oxígeno, temperatura, contenido de humedad, valor de pH, C/N y tamaño de partícula. Estas son las condiciones externas que tienen un impacto esencial en el proceso de fermentación. Todo el proceso de fermentación aeróbica se puede controlar controlando estos factores de forma artificial (Mengqi et al., 2021).

b) Agitación o volteo

Uno de los sistemas más simples y económicos, esta tecnología de compostaje se caracteriza por la remoción periódica de compost para homogeneizar la fusión y su temperatura para prescindir la abundancia de calor, mantener el control de la humedad e intensificar la permeabilidad del compost para mejorar la ventilación. (Pillco Mamani, 2020).

El volteo supone una ventaja definitiva en el proceso de compostaje. Esto favorece a mezclar diferentes materiales de desecho en una pila; mueve los bordes exteriores fríos y posiblemente secos de la pila hacia el centro cálido; favorece la ventilación, ya que dificulta la entrada de aire en la pila; se puede humedecer si el material está demasiado seco (Montero Ramírez, 2019).

2.2.3. Factores que intervienen en el proceso de compostaje

Las principales materias primas utilizadas para el compostaje, según la bibliografía, son los residuos agrícolas (incluidos los residuos ganaderos) y agroindustriales, así como la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos. Los residuos de frutas y verduras, la paja de cereales, las cáscaras de diversos cultivos, los residuos agrícolas (por ejemplo, mazorcas de maíz, tallos y hojas) y cualquier tipo de estiércol (de ganado, de cocina) figuran entre las materias primas más utilizadas (Sánchez et al., 2017).

El procesamiento de las materias primas es el paso inicial en la fabricación de compost. La relación carbono/nitrógeno de la mezcla inicial de materias primas debe situarse entre 30 y 35 para que los microbios puedan digerir y transformar la materia orgánica, aunque también pueden emplearse valores inferiores a 25 como cantidad total. Varias de las materias primas

más utilizadas son pobres en nitrógeno (al igual que muchos materiales vegetales, como las gramíneas) y, por tanto, requieren la adición de materiales ricos en nitrógeno, como el estiércol o diversas fracciones de RSU, para obtener la relación C/N adecuada. (Sánchez et al., 2017).

Asimismo, para que los microorganismos se desarrollen lo suficiente, la humedad de la materia prima debe estar entre el 55-65% y el procesamiento de la pila de compost debe garantizar la presencia de oxígeno para que no se formen áreas pobres en oxígeno (Sánchez et al., 2017).

Los principales factores que afectan la duración del proceso de compostaje son los siguientes: relación C/N, humedad, propiedades de las materias primas, la disponibilidad de oxígeno y técnica de compostaje. Trabajar con relaciones C/N no óptimas conduce a una extensión del tiempo de proceso. Si la humedad es muy alta, se puede interrumpir el paso del aire a través de la pila ya que el agua puede llenar los espacios de aire necesarios favoreciendo la fermentación anaeróbica. Con respecto a, si la humedad es demasiado baja, los microorganismos no pueden crecer y desarrollar los procesos bioquímicos típicos que ocurren durante el compostaje. Si el aporte de aire no es el adecuado, el proceso se ralentiza ya que se puede favorecer el crecimiento de microorganismos no aptos para compostaje o incluso las pilas pueden sufrir fermentación anaeróbica. Ciertos materiales lignocelulósicos también pueden ralentizar el proceso de compostaje como los residuos leñosos o el aserrín por su recalcitrancia al ataque enzimático de los microorganismos (Sánchez et al., 2017).

A continuación, se exponen los factores primordiales que tienen un impacto significativo en el proceso de compostaje:

a) Temperatura

La temperatura es uno de los factores más destacados en la actividad microbiana y en los procesos de fermentación, ya que influye en la actividad de los microorganismos y en la velocidad de descomposición de la materia orgánica. La temperatura también tiene una influencia directa sobre la madurez de los materiales de fermentación y el ciclo de fermentación. El aumento de la temperatura es ocasionado, principalmente, por el calor producido por los microorganismos que descomponen la materia orgánica. En el primer ciclo de fermentación aeróbica, la temperatura del compost puede ser dividida en tres etapas: la etapa de calentamiento, la etapa de alta temperatura y la etapa de enfriamiento (Rastogi et al., 2020).

En la Tabla 1 muestra el estado de crecimiento de los microorganismos a diferentes temperaturas.

Tabla 1

Condiciones de matanza térmica para algunos patógenos comunes en la fermentación

Nombre de los patógenos	Condiciones para su muerte
<i>Salmonella typhi</i>	55 a 60 ° C durante 30 minutos
<i>Salmonella</i>	56 ° C durante 1 h o 60 ° C durante 14-24 minutos
<i>Shigella</i>	55 ° C durante 1 h
<i>Escherichia coli</i>	55 ° C durante 1 h o 60 ° C 15-20 minutos
Ameba	68 ° C durante 1 h
Gusano rayado sin gancho	71 ° C durante 5 minutos
<i>Ancylostoma americanus</i>	45 ° C durante 50 minutos

<i>Brucella abortus</i>	61 ° C durante 3 minutos
<i>Micrococcus pyogenes</i>	50 ° C durante 10 minutos
<i>Streptococcus fermentans</i>	54 ° C durante 10 minutos
<i>Mycobacterium bovis</i>	55 ° C durante 45 min

Fuente: Mengqi et al. (2021).

En todo el proceso de compostaje, una temperatura demasiado alta o demasiado baja afectará el crecimiento de microorganismos. Si la temperatura es demasiado baja (<25 ° C), la actividad enzimática del microorganismo disminuirá. El grado de descomposición disminuirá, lo que aumentará el tiempo de madurez del compostaje. Por lo tanto, la temperatura de fermentación debe controlarse durante la fermentación del compostaje de acuerdo con los microorganismos utilizados para la fermentación aeróbica. La alta temperatura originada en el proceso de fermentación puede matar bacterias patógenas, huevos parásitos y otras sustancias tóxicas y nocivas en el compost. El proceso de compostaje debe mantenerse entre 50 y 60 ° C durante aproximadamente 5 a 7 días para alcanzar el estándar inofensivo (Mengqi et al., 2021).

b) Relación C / N

La relación C / N, o carbono-nitrógeno, es una sustancia crucial que afecta las actividades microbianas del compostaje aeróbico. La fuente de carbono es el material energético de las actividades microbianas. Durante la fermentación, la mayor parte del carbono se convierte en CO₂ y se libera a la atmósfera bajo la oxidación de microorganismos, y la otra parte se utiliza para formar la membrana celular de los microorganismos. La fuente de nitrógeno es el nutriente de las actividades microbianas y el elemento necesario para la reproducción microbiana. Cuando la proporción C / N de los sustratos del compostaje es demasiado baja y el carbono se utiliza por completo, el incremento de nitrógeno se pierde en el amoníaco, lo que afecta el

medio ambiente circundante y reduce la eficiencia del fertilizante nitrogenado y afecta la calidad de los productos finales del compostaje. Cuando la proporción C / N de los sustratos compostaje es demasiado alta, el crecimiento de microorganismos se inhibe debido a la falta de fuente de nitrógeno, lo que disminuye la temperatura del proceso, ralentiza la remoción de la materia orgánica, aumenta la duración de la fermentación y reduce el contenido de nitrógeno de los productos de compost. Más tarde, hará que los cultivos utilicen muy poco nitrógeno durante el proceso de crecimiento y pondrá a los microorganismos en la parte superior del suelo en un estado de "falta de nitrógeno", lo que indirectamente afecta el crecimiento de los cultivos (Mengqi et al., 2021).

Dado que la relación C/N del microorganismo es de 4 a 30, la proporción C/N de los sustratos también debe estar dentro de este rango. En general, se considera que una relación C/N de 30-35:1 es preferible durante la primera fase de fermentación. La relación C / N de una sola sustancia no es óptima para el metabolismo microbiano normal, lo que impide sustancialmente el proceso de fermentación. En consecuencia, la relación C/N puede modificarse introduciendo materiales con una elevada concentración de carbono o nitrógeno. La paja y el aserrín se pueden utilizar como aditivos con alto contenido de carbono debido a su alta proporción de carbono a nitrógeno. Por el contrario, el estiércol de ganado se puede utilizar como un aditivo de gran concentración de nitrógeno, dada su gran proporción en este elemento, lo que facilita la proliferación de microorganismos aeróbicos y acelera significativamente la maduración del compost.

Después de la fermentación, C / N se puede utilizar como estándar de madurez del compost. Algunos estudios mostraron que el compost podría considerarse maduro cuando la C / N está entre 15 y 20 (Mengqi et al., 2021).

c) Contenido de humedad

El agua constituye un elemento esencial para la supervivencia de todas las especies, y las variaciones en el nivel de humedad de los materiales de fermentación tienen un impacto directo en la calidad de los productos obtenidos del proceso de fermentación y compostaje. Es un componente físico vital que influye significativamente en el proceso de compostaje aeróbico (Mengqi et al., 2021).

Las principales funciones del agua en el proceso de fermentación son las siguientes: (1) disolver la materia orgánica en moléculas pequeñas y participar en las actividades del metabolismo microbiano; (2) la evaporación del agua puede quitar el calor, regulando así la temperatura de fermentación del compostaje; (3) proporcionar un medio para la reacción bioquímica en el proceso de compostaje; y (4) controlar el espacio entre los materiales en el compostaje para equilibrar el volumen de agua y oxígeno (Mengqi et al., 2021).

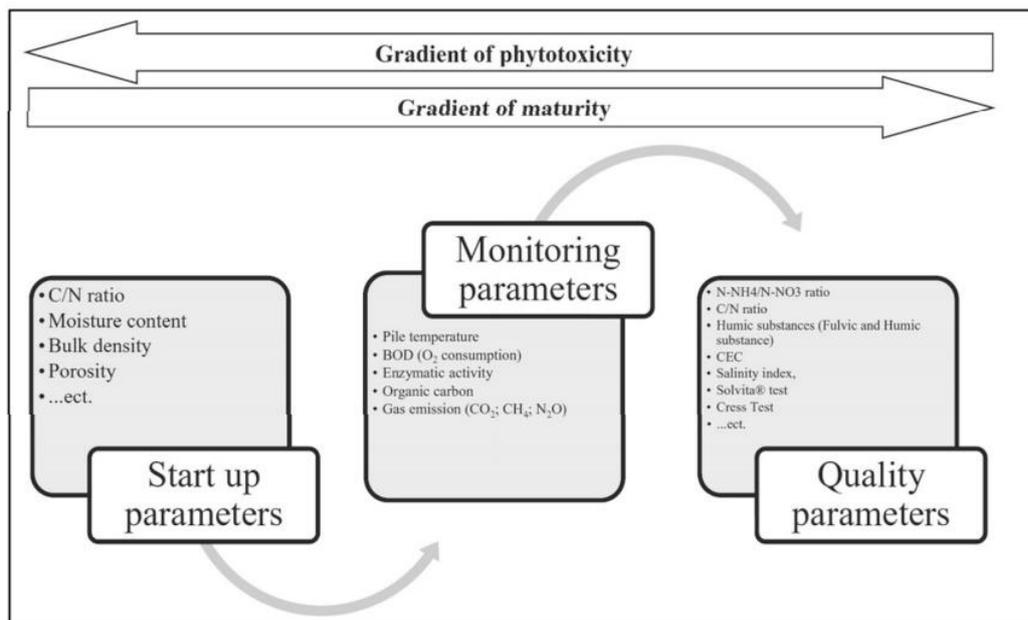
El contenido de humedad tiene un impacto significativo en todo el proceso de compostaje. La actividad microbiana se ve obstaculizada y resulta difícil descomponer los residuos orgánicos cuando la concentración de agua es demasiado baja (40%). Cuando el contenido de agua es excesivamente alto (>75%), es difícil elevar la temperatura de fermentación y el nivel de putrefacción de la materia orgánica se reduce considerablemente. Simultáneamente, demasiada agua llena los materiales de agua, lo que dificulta la ventilación y el suministro de oxígeno, lo que resulta en un estado de bajo oxígeno en las materias primas del compostaje, que no favorece el crecimiento de microorganismos aeróbicos. En general, se cree que, en la etapa inicial del compostaje, cuando el contenido de humedad relativa es del 40% al 70% (en masa), el proceso

de fermentación del compostaje aeróbico se puede llevar a cabo sin problemas y el contenido de humedad óptimo es del 55% al 65% (Mengqi et al., 2021).

d) pH

El valor del pH es el estándar para medir la acidez y alcalinidad de la solución. En el compostaje aeróbico, el valor de pH del compost cambia con el tiempo y la temperatura del compostaje. Las actividades microbianas descomponen la materia orgánica en la etapa temprana de la fermentación para producir ácidos orgánicos, manteniendo el valor de pH del compost en aproximadamente 6.5 en la etapa de alta temperatura del proceso de fermentación; Los ácidos orgánicos volátiles se volatilizarán con el aumento de temperatura, y las actividades microbianas degradan la materia orgánica nitrogenada para producir NH_3 , lo que aumenta el valor de pH del compost, y el valor máximo de pH puede llegar a 8.5. Los valores de pH adecuados pueden hacer que la actividad regular de los microorganismos aeróbicos. Un valor de pH demasiado alto o demasiado bajo afectará el desarrollo de compostaje y la eficiencia fertilizante del resultado final del compostaje. Generalmente, se cree que la tasa máxima de compostaje se puede obtener cuando el valor de pH está entre 6,7 y 8,5 durante el período de alta temperatura del proceso de fermentación (Wang et al., 2016).

Figura 2
Clasificación de los parámetros de compostaje



2.2.4. *Microorganismos eficaces (EM)*

Un grupo de microorganismos útiles denominados microorganismos eficaces (EM) incluye bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores. Según estudios recientes, la mayoría de estos microbios eran bacterias como *Gluconobacter cerinus* (78,5%), *Lactobacillus casei* (8,0%) y *Gluconobacter frateurii* (6,8%), así como hongos como *Zygorulaspora florentina* (53,7%) y *Pichia nakasei* (46,0%). El aumento de los atributos químicos y físicos del compost con microorganismos eficaces (EM) puede tener un impacto significativo en el rango térmico y la velocidad de separación en la fase del compostaje, por lo que ayuda a un resultado final sostenible y de máxima calidad (Panisson, et al., 2021).

2.2.5. *Composición de Microorganismos Eficaces*

Los microorganismos eficientes son pequeños hongos y bacterias que prosperan en suelos sanos y en las plantas. Diferentes grupos de microorganismos localizados en el suelo, como bacterias lácticas, levaduras, bacterias fotoautótrofas, hongos fermentadores y actinomicetos, forman cultivos de microorganismos eficientes. Dado que el suelo no puede considerarse un

ecosistema único y homogéneo, la microbiota del suelo también es muy diversa. La población microbiana de cada parcela de suelo se ve afectada por los elementos bióticos y abióticos de este entorno (Fierer, 2017).

Las bacterias del *filo Firmicutes* se encuentran comúnmente en el suelo y desempeñan importantes funciones de interés agrícola. Bomfim señaló el predominio del género *Bacillus* en 2011, y los miembros de este género son comúnmente señalados como iniciadores del crecimiento de las plantas debido a su capacidad para sintetizar fitohormonas como las auxinas, que actúan sobre el desarrollo y el crecimiento de las plantas. Otro género importante reportado es *Lactococcus*, las bacterias de este género producen sustancias antimicrobianas, incluido el ácido láctico, que contribuyen a la supresión de patógenos (De Araujo et al., 2021).

En otro estudio se buscó caracterizar la comunidad microbiana de microorganismos eficaces de origen doméstico y comercial, los resultados indican que los tres microorganismos eficaces analizadas compartían los *phyla Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Synergistetes*, además del *phylum Firmicutes*. En ambos estudios es posible verificar el predominio de comunidades bacterianas en relación a la comunidad fúngica, además de verificar algunos géneros bacterianos prevalentes en todos los macroorganismos eficaces evaluados (núcleo microbiano). Este núcleo microbiano está compuesto básicamente por microorganismos del género *Bacillus*, *Streptomyces* y *Staphylococcus* (De Araujo et al., 2021).

Como ya se informó, la composición de microorganismos eficaces puede variar según el lugar de recolección, pero mantiene comunidades centrales, capaces de sintetizar antimicrobianos como algunas bacterias del género *Bacillus* y *Actinobacteria*. Estos antimicrobianos son de gran importancia agronómica y deben ser estudiadas como mecanismo de acción contra los

patógenos que afectan a los principales cultivos, buscando así brindar medios sustentables, reemplazando los tratamientos químicos en los cultivos por el uso de productos biológicos (De Araujo et al., 2021).

En la presente investigación los Microorganismos eficaces (EM) utilizados serán obtenidos de la Empresa BIOEM SAC, cuyas particularidades son detallados en la tabla 2.

Tabla 2
Cantidad de EM según las diferentes dosis

Tipo de microorganismos	Cantidad de (CFU/mL)	1000 ml
Bacterias ácido lácticas	6.0×10^5	6.0×10^8
Bacterias fototróficas	4.0×10^5	4.0×10^8
Levaduras	3.0×10^4	0.3×10^8
TOTAL		10.3×10^8

Fuente: Certificado de calidad EM compost (BIOEM SAC).

2.2.6. Uso de los microorganismos eficaces

Los microorganismos eficaces trabajan sobre la materia orgánica y por ello tienen una amplia gama de actividades, seguidamente se describirán algunos de sus usos.

a) Sobre suelos

Todos los seres vivos conviven incluso con microorganismos. La base que sostiene la cadena alimentaria es el suelo donde viven los seres vivos más pequeños: los microorganismos. Con base en este concepto, se encontró que el uso de microorganismos eficaces contribuye al

fortalecimiento natural del suelo. Se han utilizado microorganismos eficaces en la revitalización del suelo (De Araujo et al., 2021).

La presencia de microorganismos eficaces hace que el suelo sea más rico en energía vital, llenando la capacidad de producción natural del suelo. El suelo manifiesta su fuerza y equilibrio si se mantiene siempre puro. Cuanto más puro es el suelo, menos artificialidad, mayor es su fuerza en el desarrollo vegetal (Andrade et al., 2020).

Todos los microorganismos que coexisten en microorganismos eficaces realizan un trabajo muy importante, equilibrando el medio ambiente del suelo. Hay control de microorganismos dañinos y los microorganismos útiles se vuelven más numerosos. Este entorno de suelo favorece la producción agrícola y es poco probable que se produzcan enfermedades. Las respuestas del suelo tratado con EM son principal y directamente (De Araujo et al., 2021):

- Restaurar la salud de la microbiota del suelo. Cuanto mayor y más diversa sea la vida en el suelo, mayor será el valor de los alimentos producidos por la agricultura.
Recordatorio: la diversidad vegetal implica variedad microbiana en el suelo.
- Restaurar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.
- Fomentar la plena emergencia de plantas (incluidas plantas medicinales y plantas acompañantes) facilitando el manejo y la cobertura del suelo.
- Actuar junto con el abono verde para reducir la compactación del suelo.
- Incremento: agregación, porosidad del suelo, infiltración de agua, agua aprovechable en el suelo y profundidad de enraizamiento. Como consecuencia, hay una reducción de la erosión y de la frecuencia de riego.

- Facilitar la descomposición de compuestos orgánicos, lo que a su vez mejora la liberación y disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas mediante el proceso de mineralización.
- Permitir la reducción de abono químico o prescindir de la aplicación.
- Biorremediación de suelos contaminados contrarrestándolos a los metales pesados y residuos de plaguicidas. A través del compost también puede neutralizar los residuos de petróleo y otros aceites.
- Disminuir o eliminar enfermedades y patógenos del suelo.
- Acelerar el compostaje de residuos.

La mayoría de las veces, microorganismos eficaces deberá diluirse y se puede utilizar de diversas formas. Depende del equipo disponible, la etapa del cultivo, la preparación del suelo y otros usos. Cada 1 litro de microorganismos eficaces diluir en 1000 litros de agua. Los microorganismos eficaces / suelo (solución de aplicación al suelo) está lista. Cabe mencionar que el agua tratada con cloro debe colocarse en un recipiente sin tapón el día anterior, durante 24 horas. Al día siguiente agregue los microorganismos eficaces. Debido que el cloro mata los microorganismos (Andrade et al., 2020).

b) En agua

Los microorganismos eficaces pueden aumentar la velocidad del proceso natural de descomposición de los compuestos orgánicos que afectan negativamente la calidad del agua. Estos microorganismos producen sustancias bioactivas que combaten los agentes de la putrefacción y evitan la emisión de gases tóxicos y malos olores que contaminan los cuerpos de agua. La utilización de microorganismos eficaces en la descontaminación del agua puede

ayudar a restaurar el equilibrio natural del ecosistema acuático, generando efectos beneficiosos y sostenibles (Araujo et al., 2021).

La aplicación de microorganismos eficaces en el tratamiento de agua requiere mezclar 1 litro de estos microorganismos con 1.000 litros de agua y observar el progreso durante un período de 1 a 6 meses. Si es necesario, se debe repetir la aplicación y esperar otro mes para ver el resultado. Una vez que se han obtenido los resultados deseados, es importante realizar un mantenimiento regular del sistema. Para ello, se debe aplicar 1 litro de microorganismos por cada 10.000 litros de agua mensualmente. Cabe señalar que el método de aplicación y las dosis pueden variar según las condiciones específicas del sistema, y que también se pueden emplear en el tratamiento de agua corriente (Andrade et al., 2020).

c) En compostaje

Los microorganismos eficaces se pueden utilizar en el compostaje de residuos de distintas fuentes. Está principalmente indicado en el compostaje de residuos de lenta descomposición, tales como: residuos con alta relación C/N (partes leñosas de la planta, troncos, ramas, paja), gramíneas, grasas, entre otros. Los EM acelera la descomposición al acortar el periodo de compostaje (Iriti et al., 2019).

2.3.Marco Conceptual

2.3.1. Anaeróbico: Un proceso que ocurre sin oxígeno. Si esto sucede durante el compostaje, se ralentizará y desprenderá mal olor debido al proceso de descomposición (Román et al., 2013).

2.3.2. Estiércol: Se trata de los productos del proceso de digestión de los animales, que consisten en los residuos orgánicos resultantes de la transformación de los alimentos que ingieren. Los agricultores tienen diferentes tipos de animales, especialmente en Puno: ovejas, burros, alpacas, llamas, cerdos, vacas, etc. Proporcionan una fuente de fertilizante y ayudan a mejorar la fertilidad y productividad del suelo (Pillco Mamani, 2020)

2.3.3. Humus: Materia orgánica descompuesta, anormal y de color marrón oscuro en el suelo que ha perdido todo rastro de la estructura y composición del material vegetal y animal del que se originó. Así, el término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha sido estabilizada y utilizada en la agricultura para mejorar el suelo. (Inga Alcántara, 2018).

2.3.4. Materia orgánica: *Restos de diversas etapas de descomposición de plantas, animales y microorganismos en el suelo, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias de biosíntesis* (Román et al., 2013).

2.3.5. Patógeno: Microorganismos capaces de causar enfermedades. Puede ser fitopatógeno si la enfermedad se presenta en un patógeno vegetal, humano o animal (Román et al., 2013).

2.3.6. Residuos orgánicos: Esto se refiere a los residuos biodegradables o residuos que pueden descomponerse. Se puede producir tanto en territorios municipales como no municipales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

2.3.7. Tratamiento: Proceso, método o técnica que cambie las propiedades físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos con el fin de reducir o eliminar sus peligros

potenciales para la salud y el medio ambiente, con el objetivo de prepararlos para su posterior procesamiento o eliminación (MINAM, 2017).

2.3.8. Vermicompost: Uno de los fertilizantes naturales de más alta calidad y de mayor calidad del mundo. Por su efecto mejorador del suelo, favorece el crecimiento y un mejor rendimiento de los cultivos (Reynoso Peña, 2021).

2.4. Hipótesis

-H_i: Los microorganismos eficaces comerciales tienen un efecto significativo en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022.

-H₀: Los microorganismos eficaces comerciales no tienen un efecto significativo en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos orgánicos en Huacraruco – Distrito San Juan – 2022.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 3 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente: Microorganismos eficaces comerciales	Los EM son una asociación de microorganismos benéficos, que incluyen bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores (Panisson, et al., 2021).	Dosis de Microorganismos eficaces comerciales 1000 ml	Ficha registro

Variable	El compostaje o la fermentación aeróbica	Temperatura	
Dependiente:	son técnicas comúnmente utilizadas para	pH	Multiparámetro
Abono orgánico	producir abono orgánico a partir de	Humedad	de suelo
obtenido a partir de	residuos agrícolas, residuos pecuarios		
estiércol de ganado	(Mengqi et al., 2021).	Concentración de	Resultados de
vacuno y residuos		N, P, K, Ca, Mg,	laboratorio
domiciliarios		S, Bo, Zn y	
		Relación C/N	Resultados de
			laboratorio

CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos de Investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que a partir de los conocimientos sobre el compostaje existentes se determinó el efecto de microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) en la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado y residuos domiciliarios.

De acuerdo con CONCYTEC (2020) este tipo de estudio busca satisfacer necesidades deseadas a través de teorías científicas, procedimientos y herramientas tecnológicas.

3.2. Diseño de Investigación

Esta investigación es experimental, apoyado en un enfoque de laboratorio y de campo, dado que la recogida de datos se realizó en el lugar real donde se produce el fenómeno, se estableció un diseño completamente aleatorizado (DCA) y se tomaron muestras una vez que el compost había alcanzado la madurez para analizarlas en el laboratorio.

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), un método de estudio conocido como diseño experimental consiste en manipular una variable experimental no probada en circunstancias estrictamente controladas. Su objetivo es explicar cómo y por qué ocurre o podría ocurrir un fenómeno.

Por último, se decidió que la investigación sería transversal porque los datos sólo se recogieron una vez a lo largo del periodo de tiempo elegido para el estudio. De acuerdo a Palella y Martins (2012) sin modificar las variables, el estudio transeccional pretende definir las examinando su aparición e interacción en un periodo determinado.

En función a la metodología de investigación, el estudio presenta un enfoque cuantitativo, dado que cada uno de los indicadores de las variables consideradas se midió numéricamente

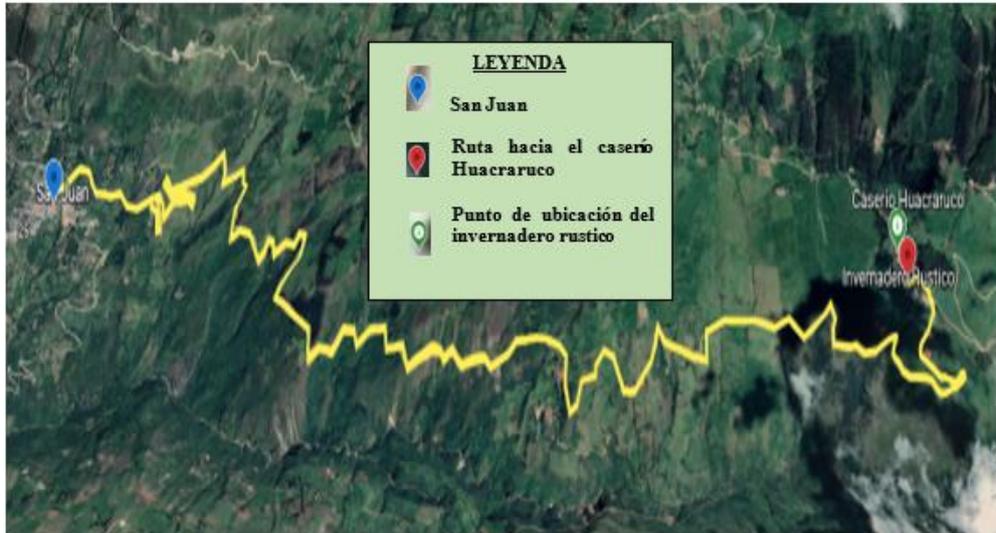
Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014) infieren que, el enfoque cuantitativo se basa en la medición numérica, el recuento y, con frecuencia, el uso de estadísticas para identificar con precisión patrones de comportamiento en una población. Utiliza la recopilación y el análisis de datos para responder a preguntas de investigación y poner a prueba hipótesis formuladas previamente.

3.3. Área de Investigación

La investigación se realizó en un terreno ubicado en el caserío Huacraruco del distrito de San Juan, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. En el cual se encuentra la instalación del invernadero rustico.

Figura 3

Mapa de ubicación del Invernadero rustico



Coordenadas UTM:

- Coordenada Este: 782911.28
- Coordenada Norte: 9191754.71
- Altitud: 2806 m.s.n.m.

3.4. Materiales y Equipos

a) *Materiales en Gabinete*

- Laptop
- Libreta de campo
- Memoria USB
- Lapiceros
- Impresora
- Papel

b) *Materiales de Campo*

- Plástico
- Palos de madera

- Pico
- Palana
- Clavos
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Carretilla
- Baldes
- Guantes
- Romanilla (50 kg)
- Cernidor
- Guardapolvo
- Wincha

c) Equipos

- Ph-metro
- Termómetro
- Equipo multiparámetros (Soil tester)

3.5.Población

La unidad de análisis de la presente investigación esta establecida por el estiércol (fresco) de ganado vacuno y residuos orgánicos domiciliarios (aserrín, cascaras de papa, cascaras de fruta y cascaras de hortalizas) suficientes para instalar las pilas o camas del experimento.

El universo estuvo conformado por el estiércol (fresco) de ganado vacuno y residuos orgánicos (aserrín, cascaras de papa, cascaras de fruta y cascaras de hortalizas) originados en todo el

caserío Huacraruco ubicada en el distrito de San Juan. Según Cárdenas (2018), es el conjunto de componentes a partir de los cuales se recopilarán datos y se extraerán conclusiones.

3.6. Muestra

La muestra fue conformada por 12 muestras, divididas en 4 tratamientos experimentales con 3 repeticiones por tratamiento (Ver Tabla 4). Una muestra es una parte representativa de la población, lo que facilita el proceso de su análisis (Cárdenas, 2018).

Tabla 4
Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Muestra	Dosis Microorganismos	N° de
	-Residuos orgánicos	Eficaces (EM *) al 5%	Repeticiones
	-Estiércol de		de los
	ganado vacuno		tratamientos
T0	Residuos orgánicos	Sin EM 0 ml	3
T1	Residuos orgánicos	Con EM 1000 ml	3
T2	Estiércol de ganado vacuno	SIN EM 0 ml	3
T3	Estiércol de ganado vacuno	Con EM 1000 ml	3

* se usó EM-COMPOST ACTIVADO

3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

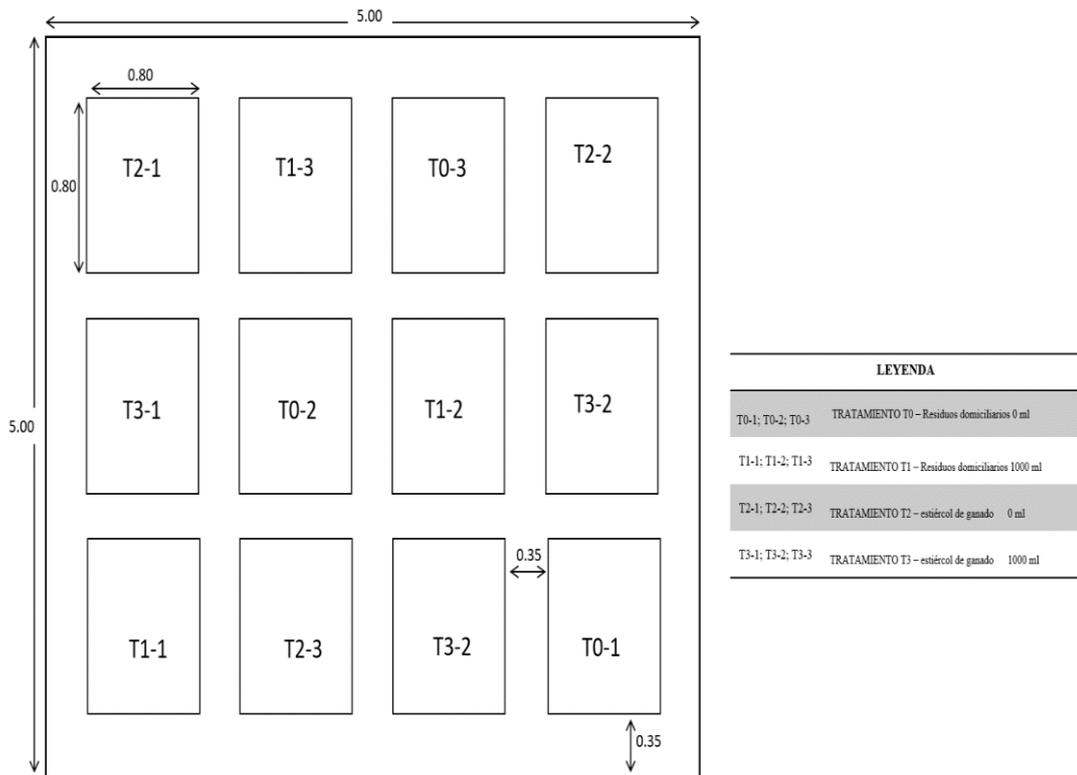
3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se empleó en la investigación se mencionan a continuación:

La revisión de la literatura técnica y científica sobre el uso del compostaje sirvió de base para la observación directa. Según Arias (2012), se trata de observar el suceso, acontecimiento o situación que tiene lugar de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Ahora bien, la técnica de preparación de los tratamientos a evaluar se realizó de acuerdo a lo descrito por Castillo Huamán (2019) y Pillco (2020), en primer lugar para el montaje de los tratamientos experimentales se usó un área total de 25 m², es decir (5 m de largo x 5 de ancho), donde cada cama de compostaje tuvo una área de 0.80 m largo x 0.80 m ancho, haciendo un total de 0.64 m², las cuales están distribuidas de acuerdo a la (figura 3), cabe indicar que en cada cama de compostaje de las unidades experimentales su espesor fue de 20 cm³ en forma de montículo. El invernadero rustico que cubrirá todas las composteras contuvo con un área de 25 m² y una altura de 1.70 m; estará cubierto de plástico para homogenizar la temperatura en el ambiente interno.

Figura 4
Croquis experimental



Fuente: Elaboración propia

Para iniciar la técnica de compostaje, se realizó la recolección del estiércol (fresco) de ganado vacuno y residuos orgánicos (aserrín, cáscaras de papa, cáscaras de fruta y cáscaras de hortalizas), de los cuales es necesario picar para reducir su tamaño y acelerar el deterioro.

Ya una vez recolectado el estiércol (fresco) y residuos orgánicos (aserrín, cascara de papa, cascara de fruta y cascara de hortalizas) se procedió almacenar en dos montones, uno de estiércol (fresco) y otro de residuos orgánicos. Ahora para la distribución se aplicó de acuerdo a los pesos correspondientes en cada compostera (15 kg de estiércol (fresco) y 15 kg de residuos orgánicos (aserrín, cascara de papa, cascara de fruta y cascara de hortalizas). finalmente, en las 12 composteras hubo un total de 180 kg. La muestra enviada al laboratorio es 1 kg de abono de cada tratamiento.

Ahora bien, para la activación de los microorganismos eficaces comerciales se empleó el **EM-COMPOST** el cual se obtuvo de la Empresa BIOEM SAC se necesitará un balde de 20 litros, en el cual se mezcla 1 litro de melaza de caña que representa el (5%), 18 litros de agua de manantial (o agua sin cloro) que representa el (90%) y 1 litro de EM-COMPOST que representa el (5%), con el propósito de lograr su activación y lograr el crecimiento de los microorganismos, la mezcla resultante se sella de forma hermética por un periodo de 7 días bajo sombra, antes de su uso.

Para permitir la aireación de la compostera, que facilita la absorción de líquidos, primero se retiró la tierra de las pilas de compost hasta una profundidad de 10 cm. luego se instaló los tratamientos indicados en la tabla 4. En donde cada tratamiento (T0 *testigo*, T1, T2 y T3) cuenta con tres repeticiones para tener un total de 12 unidades experimentales. El periodo de observación es de 2 meses y medio, se hará medida de temperatura, pH y humedad cada 7 días por cada tratamiento y en cuanto a los análisis de materia orgánica (Conc. de Nitrógeno (N), Conc. de Fosforo (P), Conc. de Potasio (K), Conc. de Calcio (Ca) y Conc. de Magnesio (Mg), Conc. de Sodio (S) y Conc. de Boro (Bo), Conc. de Zinc (Zn) y Relación C/N) se realiza análisis de laboratorio al final del experimento (75 días) por cada tratamiento.

Las unidades experimentales estuvieron dentro de un invernadero rustico con la finalidad de mantener la temperatura y eliminar el efecto de luz sobre los microorganismos, prevenir agentes externos que puedan afectar el experimento y conservar la humedad. El volteado se realizó cada 15 días con el fin de homogenizar la mezcla para remover exceso de calor, mantener el control de la humedad y así mejorar la ventilación del proceso de compostaje, en

cada volteo se adiciona de forma manual agua en donde la cantidad que se va usar será determinada según la prueba en blanco realizada inicialmente.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se usaron fue la ficha de registro para recolectar los datos relacionado con las características físicas (temperatura, humedad y pH) y de igual modo para los análisis de materia orgánica (Conc. de Nitrógeno (N), Conc. de fosforo (P), Conc. de Potasio (K), Conc. de Calcio (Ca) y Conc. de Magnesio (Mg), Conc. de Sodio (S) y Conc. de Boro (Bo), Conc. de Zinc (Zn) y Relación C/N) del abono obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos orgánicos domiciliarios empleando los microorganismos eficaces (EM).

Según Tamayo y Tamayo (2003) “la ficha de registro contiene aspectos de los fenómenos que se consideran esenciales y dos aspectos distintos, la representación y el contenido” (P. 124).

3.8. Técnicas para el procesamiento y análisis datos

La investigación se apoya en el método analítico-deductivo, el cual es un procedimiento para la verificación de una interrogante de investigación o una teoría científica, basado en el recuento de datos obtenidos mediante la observación o la experimentación (Kothari, 2019). En este caso, en el método se aplicó la recolección de datos experimentales del proceso de la obtención de abono a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos orgánicos por acción de microorganismos eficaces (EM –COMPOST activado). Después de finalizar el experimento, se muestrearon las 12 unidades experimentales. A continuación, se realizó una cadena de custodia y se envió 1 kg de cada tratamiento al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria de Lima para su análisis.

3.9. Interpretación de datos

En este contexto, en la presente investigación, los resultados se procesaron utilizando herramientas estadísticas, para evaluar el efecto de los microorganismos eficaces (EM) en la obtención de abono a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos orgánicos. En función de los resultados, se utilizaron estadísticas descriptivas, como la media y la mediana, la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de las varianzas y determinar si se debía utilizar una prueba paramétrica o no paramétrica, la t de Student y el análisis multivariante de la varianza (MANOVA).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Descripción de las características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios empleando microorganismo eficaces comerciales (EM-COMPOST)

Se presentan la descripción de las muestras de abono orgánico a partir de residuos domiciliarios y a partir de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

En la tabla 5 se puede apreciar los estadísticos descriptivos para la temperatura, pH y humedad en el procesado de abono a partir de residuos domiciliarios de los tratamientos con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST), datos tomados del anexo C, teniendo una temperatura media de $31.08^{\circ}\text{C}\pm 4.15^{\circ}\text{C}$, un pH de 7.59 ± 0.15 para el tratamiento sin microorganismos y un pH de 7.82 ± 0.16 para el tratamiento con microorganismos, una humedad de $59.28\%\pm 2.06\%$ para el tratamiento sin microorganismos y $56.28\%\pm 0.78\%$ para el tratamiento con microorganismos.

Tabla 5 Estadísticos descriptivos para el procesado de abono a partir de residuos domiciliarios

	N	Media	Desviación estándar
	Estadístico	Estadístico	Error estándar
Temp0	36	31,0833	2,11734
pH0	36	7,5872	0,07434
Hum0	36	0,5928	0,01046
Temp1	36	32,6944	2,46493
pH1	36	7,8247	0,08268
Hum1	36	0,5628	0,00396

Para comparar los parámetros de procesado de abono a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: Las medias son iguales

H₁: Las medias son diferentes

En la tabla 6 se puede apreciar que las significancias son mayores a 0.05 para los parámetros de temperatura por lo tanto se aceptan la hipótesis nula que dice que los valores para la temperatura son iguales para los tratamientos con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST), pero diferentes en el pH y la humedad.

Tabla 6 Comparación de los parámetros de procesado de abono a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Temperatura	Se asumen varianzas iguales	0,925	0,340	-0,496	70	0,622
	No se asumen varianzas iguales			-0,496	68,443	0,622
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
pH	Se asumen varianzas iguales	1,553	0,217	-2,136	70	0,036
	No se asumen varianzas iguales			-2,136	69,222	0,036
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Humedad	Se asumen varianzas iguales	27,797	0,000	2,682	70	0,009
	No se asumen varianzas iguales			2,682	44,809	0,010

En la tabla 7 se puede apreciar los estadísticos descriptivos para las temperaturas, pHs y humedades en el procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno de los tratamientos

con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST), datos tomados del anexo D, teniendo una temperatura media de $32.36^{\circ}\text{C}\pm 3.33^{\circ}\text{C}$, un pH de 8.04 ± 0.24 y una humedad de $56.11\%\pm 0.08\%$.

Tabla 7 Estadísticos descriptivos para el procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno

	N	Media	Error	Desviación estándar
	Estadístico	Estadístico	estándar	Estadístico
Temp2	36	32,3611	1,70021	10,20127
pH2	36	8,0422	0,11787	0,70722
Hum2	36	0,5611	0,00380	0,02278
Temp3	36	36,7778	2,25378	13,52270
pH3	36	7,9792	0,11066	0,66396
Hum3	36	0,5628	0,00269	0,01614

Para comparar los parámetros de procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : Las medias son iguales

H_1 : Las medias son diferentes

En la tabla 8 se puede apreciar que las significancias son mayores a 0.05 para los tres parámetros por lo tanto se acepta la hipótesis nula que dice que los valores para la temperatura, pH y humedad son iguales para los tratamientos con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) cuando se trabaja con estiércol de ganado vacuno.

Tabla 8 Comparación de los parámetros de procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
Temperatura_2_3	Se asumen varianzas iguales		6,411	0,014	-1,564	70	0,122
	No se asumen varianzas iguales				-1,564	65,091	0,123
			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
pH_2_3	Se asumen varianzas iguales		0,463	0,498	0,390	70	0,698
	No se asumen varianzas iguales				0,390	69,723	0,698
			Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
			F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)
Humedad_2_3	Se asumen varianzas iguales		6,106	0,016	-0,358	70	0,721
	No se asumen varianzas iguales				-0,358	63,082	0,721

4.1.1. Características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

En la tabla 9 se observan los estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios sin tratamiento y con tratamiento para cada compuesto, obtenidos del anexo E. Nótese que todos los valores a excepción del azufre, analizándolo subjetivamente, se incrementan cuando se emplean microorganismos.

Tabla 9 Estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

TRATAMIENTOS	RESIDUOS DOMICILIARIOS	Desv.		
		Media	Desviación	N
N	Residuos domiciliarios sin tratamiento	1.70	0.01	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	2.39	0.01	3
P	Residuos domiciliarios sin tratamiento	2.53	0.01	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	3.08	0.01	3
K	Residuos domiciliarios sin tratamiento	2.64	0.01	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	3.33	0.02	3
Ca	Residuos domiciliarios sin tratamiento	4.70	0.01	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	6.82	0.01	3
Mg	Residuos domiciliarios sin tratamiento	1.74	0.01	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	2.50	0.01	3
S	Residuos domiciliarios sin tratamiento	10.20	17.14	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	0.70	0.01	3
Bo	Residuos domiciliarios sin tratamiento	14.82	0.33	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	18.87	0.06	3
Zinc	Residuos domiciliarios sin tratamiento	106.05	0.93	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	268.88	0.56	3
C_N	Residuos domiciliarios sin tratamiento	8.57	0.10	3
	Residuos domiciliarios con tratamiento	12.69	0.01	3

4.1.2. Características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST).

En la tabla 10 se observan los estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno sin tratamiento y con tratamiento para cada compuesto, obtenidos del anexo F. Nótese que todos los valores, analizándolo subjetivamente, se incrementan cuando se emplean microorganismos.

Tabla 10 Estadísticos descriptivos para el abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

TRATAMIENTO2	ESTIECOL DE GANADO VACUNO	Media	Desv. Desviación	N
N2	Estiércol de ganado sin tratamiento	1.38	0.01	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	2.04	0.01	3
P2	Estiércol de ganado sin tratamiento	1.41	0.02	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	2.30	0.01	3
K2	Estiércol de ganado sin tratamiento	1.51	0.01	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	3.20	0.01	3
Ca2	Estiércol de ganado sin tratamiento	3.45	0.01	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	4.38	0.01	3
Mg2	Estiércol de ganado sin tratamiento	1.27	0.01	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	1.44	0.02	3
S2	Estiércol de ganado sin tratamiento	0.45	0.02	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	0.53	0.01	3
Bo2	Estiércol de ganado sin tratamiento	13.17	0.06	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	16.97	0.02	3
Zinc2	Estiércol de ganado sin tratamiento	279.67	0.58	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	396.67	1.53	3
C_N2	Estiércol de ganado sin tratamiento	10.13	0.01	3
	Estiércol de ganado con tratamiento	13.24	0.01	3

4.2. Determinación de la efectividad de microorganismos eficientes comerciales EM-COMPOST para la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios

Para determinar la efectividad de microorganismos eficientes comerciales EM-COMPOST para la obtención de abono orgánico a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos

domiciliarios antes se verificó que cumpla con los supuestos del MANOVA para lo cual se realizó la prueba de Levene de varianza de error para cada grupo de datos, los que se muestra a continuación, en la tabla 11 se observa que todos los datos de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios a excepción del azufre y de la relación carbono nitrógeno tienen una significancia mayor a 0.05 el que indica que todos los grupos de datos , a excepción de los mencionados anteriormente, tienen la varianza de error homogéneas, por lo que si cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo tanto se aplica una prueba paramétrica, como es el análisis de varianza multivariante o MANOVA.

Tabla 11 Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
N	Se basa en la media	0.308	1	4.00	0.609
	Se basa en la mediana	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	2.94	1.000
	Se basa en la media recortada	0.256	1	4.00	0.640
P	Se basa en la media	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la mediana	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la media recortada	0.000	1	4.00	1.000
K	Se basa en la media	2.571	1	4.00	0.184
	Se basa en la mediana	1.000	1	4.00	0.374
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.000	1	3.20	0.387
	Se basa en la media recortada	2.432	1	4.00	0.194
Ca	Se basa en la media	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la mediana	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	4.00	1.000
	Se basa en la media recortada	0.000	1	4.00	1.000
Mg	Se basa en la media	3.200	1	4.00	0.148
	Se basa en la mediana	0.200	1	4.00	0.678
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.200	1	2.94	0.686
	Se basa en la media recortada	2.521	1	4.00	0.188
S	Se basa en la media	15.989	1	4.00	0.016
	Se basa en la mediana	1.000	1	4.00	0.374
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.000	1	2.00	0.423
	Se basa en la media recortada	12.595	1	4.00	0.024
Bo	Se basa en la media	5.562	1	4.00	0.078
	Se basa en la mediana	1.862	1	4.00	0.244
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.862	1	2.26	0.292

Zinc	Se basa en la media recortada	5.210	1	4.00	0.085
	Se basa en la media	0.412	1	4.00	0.556
	Se basa en la mediana	0.420	1	4.00	0.552
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.420	1	4.00	0.552
C_N	Se basa en la media recortada	0.419	1	4.00	0.553
	Se basa en la media	8.463	1	4.00	0.044
	Se basa en la mediana	1.841	1	4.00	0.246
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.841	1	2.02	0.306
	Se basa en la media recortada	7.680	1	4.00	0.050

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + TRATAMIENTO1

En la tabla 12 se observa que todos los datos de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno de alguna manera tienen una significancia mayor a 0.05 el que indica que todos tienen la varianza de error homogéneas, por lo que, si cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo tanto se aplica una prueba paramétrica, como es el análisis de varianza multivariante o MANOVA.

Tabla 12 Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error para las medidas del abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
N2	Se basa en la media	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	4.000	1.000
	Se basa en la media recortada	0.000	1	4	1.000
P2	Se basa en la media	1.730	1	4	0.259
	Se basa en la mediana	1.800	1	4	0.251
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.800	1	2.941	0.274
	Se basa en la media recortada	1.743	1	4	0.257
K2	Se basa en la media	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	4.000	1.000
	Se basa en la media recortada	0.000	1	4	1.000
Ca2	Se basa en la media	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	4.000	1.000

	Se basa en la media recortada	0.000	1	4	1.000
Mg2	Se basa en la media	0.727	1	4	0.442
	Se basa en la mediana	0.250	1	4	0.643
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.250	1	3.200	0.649
	Se basa en la media recortada	0.689	1	4	0.453
S2	Se basa en la media	2.286	1	4	0.205
	Se basa en la mediana	0.500	1	4	0.519
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.500	1	2.560	0.538
	Se basa en la media recortada	2.102	1	4	0.221
Bo2	Se basa en la media	2.292	1	4	0.205
	Se basa en la mediana	1.488	1	4	0.289
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.488	1	2.406	0.328
	Se basa en la media recortada	2.240	1	4	0.209
Zinc2	Se basa en la media	2.571	1	4	0.184
	Se basa en la mediana	1.000	1	4	0.374
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.000	1	3.200	0.387
	Se basa en la media recortada	2.432	1	4	0.194
C_N2	Se basa en la media	0.308	1	4	0.609
	Se basa en la mediana	0.000	1	4	1.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	1	2.941	1.000
	Se basa en la media recortada	0.256	1	4	0.640

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + TRATAMIENTO2

4.2.1. Efectividad de los microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

Para verificar si existen diferencias significativas entre tratamientos o no se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

H_i: Existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

En base a la tabla 13 pruebas de análisis multivariantes en donde se observa una significancia asintótica bilateral para todos los efectos menor a 0.05 lo que nos indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna que nos dice que existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

Tabla 13 Pruebas multivariantes para abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1.000	6500662,811 ^b	4.000	1.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.000	6500662,820 ^b	4.000	1.000	0.000
	Traza de Hotelling	26002651.280	6500662,820 ^b	4.000	1.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	26002651.280	6500662,820 ^b	4.000	1.000	0.000
TRATAMIENTO1	Traza de Pillai	1.000	225888,500 ^b	4.000	1.000	0.002
	Lambda de Wilks	0.000	225888,500 ^b	4.000	1.000	0.002
	Traza de Hotelling	903554.000	225888,500 ^b	4.000	1.000	0.002
	Raíz mayor de Roy	903554.000	225888,500 ^b	4.000	1.000	0.002

Haciendo un análisis univariado en la tabla 14 se observa las significancias asintóticas bilaterales menores a 0.05 para todas las medias de cada componente del abono obtenido a partir de residuos domiciliarios, a excepción del azufre que no varía.

Tabla 14 Pruebas de efectos inter-sujetos para abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios

Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	N1	1	0.721	6180.571	0.000
	P1	1	0.454	4537.500	0.000
	K1	1	0.714	5356.125	0.000
	Ca1	1	6.742	202248.000	0.000
	Mg1	1	0.851	10215.200	0.000
	S1	1	135.565	0.922	0.391
	Bo1	1	24.604	431.015	0.000
	Zinc1	1	39770.413	67728.906	0.000
	C_N1	1	25.503	4665.149	0.000
Intersección	N1	1	25.133	215426.286	0.000
	P1	1	47.208	472081.500	0.000
	K1	1	53.342	400065.125	0.000
	Ca1	1	198.835	5965058.000	0.000
	Mg1	1	26.966	323596.800	0.000
	S1	1	178.215	1.213	0.333
	Bo1	1	1701.850	29813.438	0.000
	Zinc1	1	210858.757	359091.889	0.000
	C_N1	1	677.769	123982.101	0.000
TRATAMIENTO1	N1	1	0.721	6180.571	0.000
	P1	1	0.454	4537.500	0.000
	K1	1	0.714	5356.125	0.000
	Ca1	1	6.742	202248.000	0.000
	Mg1	1	0.851	10215.200	0.000
	S1	1	135.565	0.922	0.391
	Bo1	1	24.604	431.015	0.000
	Zinc1	1	39770.413	67728.906	0.000
	C_N1	1	25.503	4665.149	0.000

4.2.2. Efectividad de los microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST)

Para verificar si existen diferencias significativas entre tratamientos o no se plantean las siguientes hipótesis:

H0: No existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

Hi: Existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

En base a la tabla 15 pruebas de análisis multivariantes en donde se observa una significancia asintótica bilateral para todos los efectos menor a 0.05 lo que nos indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna que nos dice que existe diferencia significativa entre las medias de cada componente del abono por tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno con y sin microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST.

Tabla 15 Pruebas multivariantes para abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1.000	269681,778 ^b	4.000	1.000	0.001
	Lambda de Wilks	0.000	269681,778 ^b	4.000	1.000	0.001
	Traza de Hotelling	1078727.111	269681,778 ^b	4.000	1.000	0.001
	Raíz mayor de Roy	1078727.111	269681,778 ^b	4.000	1.000	0.001
TRATAMIENTO2	Traza de Pillai	1.000	24317,778 ^b	4.000	1.000	0.005
	Lambda de Wilks	0.000	24317,778 ^b	4.000	1.000	0.005
	Traza de Hotelling	97271.111	24317,778 ^b	4.000	1.000	0.005
	Raíz mayor de Roy	97271.111	24317,778 ^b	4.000	1.000	0.005

Haciendo un análisis univariado en la tabla 16 se observa las significancias asintóticas bilaterales menores a 0.05 para todas las medias de cada componente del abono obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno, a excepción del azufre que no varía.

Tabla 16 Pruebas de efectos inter-sujetos para abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno

Origen	gl	Media			
		cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	N2	1	0.653	6534.000	0.000
	P2	1	1.197	5524.923	0.000
	K2	1	4.284	42841.500	0.000
	Ca2	1	1.297	12973.500	0.000
	Mg2	1	0.042	250.000	0.000
	S2	1	0.009	33.063	0.005
	Bo2	1	21.622	10721.661	0.000
	Zinc2	1	20533.500	15400.125	0.000
	C_N2	1	14.539	124622.286	0.000
Intersección	N2	1	17.545	175446.000	0.000
	P2	1	20.683	95461.231	0.000
	K2	1	33.276	332761.500	0.000
	Ca2	1	91.963	919633.500	0.000
	Mg2	1	10.989	65934.400	0.000
	S2	1	1.450	5439.063	0.000
	Bo2	1	1362.931	675833.463	0.000
	Zinc2	1	686140.167	514605.125	0.000
	C_N2	1	819.469	7024020.571	0.000
TRATAMIENTO2	N2	1	0.653	6534.000	0.000
	P2	1	1.197	5524.923	0.000
	K2	1	4.284	42841.500	0.000
	Ca2	1	1.297	12973.500	0.000
	Mg2	1	0.042	250.000	0.000
	S2	1	0.009	33.063	0.005
	Bo2	1	21.622	10721.661	0.000
	Zinc2	1	20533.500	15400.125	0.000
	C_N2	1	14.539	124622.286	0.000

4.3. Discusiones

Las características físicas y químicas del abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios empleando microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) en su procesado presentaron una temperatura media de $31.08^{\circ}\text{C} \pm 4.15^{\circ}\text{C}$, un pH de media 7.59 ± 0.15

para el tratamiento sin microorganismos y un pH de media 7.82 ± 0.16 para el tratamiento con microorganismos, una media de humedad de $59.28\% \pm 2.06\%$ para el tratamiento sin microorganismos y una media de humedad $56.28\% \pm 0.78\%$ para el tratamiento con microorganismos., mientras que los obtenidos a partir de estiércol de ganado presentaron una temperatura media de $32.36^{\circ}\text{C} \pm 3.33^{\circ}\text{C}$, un pH de 8.04 ± 0.24 y una humedad de $56.11\% \pm 0.08\%$, que si lo comparamos con Montero Ramírez (2019) quien trabajó con materia orgánica generados en los mercadillos e hizo dos tratamientos (TA y TB) quien encontró una temperatura promedio para TA fue de 48.55°C y para TB fue de 41.44°C ; la humedad promedio para TA fue de 57.45% y para TB fue de 56.73% ; el pH promedio para TA fue de 7.27 y para TB fue de 7.22 y, comparando estos resultados con los encontrados por Pillco Mamani (2020) al evaluar el proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando EM, obtuvo una temperatura promedio fue 25.58°C , 27.63°C y 25.78°C para T1, T2 y T3; mientras que el pH tuvo los siguientes valores, 7.05 , 7.7 y 7.6 respectivamente; se puede observar que la temperatura puede variar significativamente entre uno y otro tratamiento, sin embargo, el pH y la humedad se mantienen muy cercanos.

En cuanto al efecto de utilizar microorganismos eficientes para el abono, Gunawan et al. (2020) en su artículo “Performance analysis of effective microorganisms on chicken manure composting” encontraron que uno de los tratamientos presentó mejores resultados y fue la mejor opción; coincidiendo con el presente trabajo.

Por otro lado, Reynoso (2021) utilizando estiércol de vacuno, lombriz roja californiana (*Eisenia Foétida*) y microorganismos eficientes encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo Montero Ramírez (2019) en su tesis “Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en

los mercadillos concluye que los EM generan mayor cantidad de producto.

Muy distinto al resultado que encontró Van Fan et al. (2018) en su artículo “Evaluation of Effective Microorganisms on Home Scale Organic Waste Composting”, quienes trabajaron con residuos de alimentos, salvado de arroz y hojas secas no encontraron diferencias significativas en los compostes finales inoculados con y sin EM. Al igual que Inga Alcántara, (2018) quien trabajó con microorganismos eficientes presentes en la col China y estiércol de equinos, bovino, ovino y camélidos sudamericanos (llamas) con tratamientos con la misma proporción de estiércol no encontró diferencias significativas entre los tratamientos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La temperatura, pH y humedad en el procesado de abono a partir de residuos domiciliarios de los tratamientos con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST) presentó una temperatura media de $31.08^{\circ}\text{C}\pm 4.15^{\circ}\text{C}$, un pH de 7.59 ± 0.15 para el tratamiento sin microorganismos y un pH de 7.82 ± 0.16 para el tratamiento con microorganismos, una humedad de $59.28\%\pm 2.06\%$ para el tratamiento sin microorganismos y $56.28\%\pm 0.78\%$ para el tratamiento con microorganismos. Así mismo, la temperatura, pH y humedad en el procesado de abono a partir de estiércol de ganado vacuno de los tratamientos con y sin microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST), presentaron una temperatura media de $32.36^{\circ}\text{C}\pm 3.33^{\circ}\text{C}$, un pH de 8.04 ± 0.24 y una humedad de $56.11\%\pm 0.08\%$.

Se encontró además que el tratamiento con Residuos domiciliarios sin microorganismos eficientes presentó un porcentaje de N de 1.70 ± 0.02 , de P 2.53 ± 0.02 , de K 2.64 ± 0.02 , de Ca 4.7 ± 0.02 , de Mg 1.74 ± 0.02 , de S 10.2 ± 33.6 , de Bo 14.82 ± 0.65 , de Zn 106.05 ± 1.1 , de relación C/N 8.57 ± 0.19 y; con microorganismos eficientes un porcentaje de N de 2.39 ± 0.02 , de P 3.08 ± 0.02 , de K 3.33 ± 0.04 , de Ca 6.82 ± 0.02 , de Mg 2.5 ± 0.02 , de S 0.7 ± 0.02 , de Bo 18.87 ± 0.12 , de Zn 268.88 ± 1.82 , de relación C/N 12.69 ± 0.02 .

Así mismo, se encontró que el tratamiento con estiércol de ganado vacuno sin microorganismos eficientes presentó un porcentaje de N de 1.38 ± 0.02 , de P 1.41 ± 0.04 , de K 1.51 ± 0.02 , de Ca 3.45 ± 0.02 , de Mg 1.27 ± 0.02 , de S 0.45 ± 0.04 , de Bo 13.17 ± 0.12 , de Zn 279.67 ± 1.14 , de relación C/N 10.13 ± 0.02 y; con microorganismos eficientes un porcentaje de N de 2.04 ± 0.02 , de P 2.30 ± 0.02 , de K 3.20 ± 0.04 , de Ca 4.38 ± 0.02 , de Mg 1.44 ± 0.04 , de

S 0.53 ± 0.02 , de Bo 16.97 ± 0.04 , de Zn 396.67 ± 2.3 , de relación C/N 13.24 ± 0.02 .

Finalmente se concluye que los microorganismos eficientes comerciales EM- COMPOST causan un efecto significativo en el tratamiento para la obtención de abono orgánico obtenido a partir de residuos domiciliarios (prueba Traza de Pillai Sig.=0.002) y estiércol de ganado vacuno (prueba Traza de Pillai Sig.=0.005).

5.2. Recomendaciones

Se sugiere aumentar la cantidad de muestras de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios para uso en los suelos agrícolas, y se recomienda reducir los tiempos de intervalos de evaluación de la muestra de 7 días a 3 días, para contemplar las características físico químicas generadas por la aplicación de los tratamientos.

Se recomienda utilizar 3 dosis de microorganismos eficaces comerciales (EM-COMPOST), en las parcelas para la incrementar la concentración de azufre y R C/N

Se recomienda realizar un aseguramiento de calidad mediante la aplicación de diferentes concentraciones para las muestras de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios durante el proceso de compostaje.

REFERENCIAS

- Andrade, F. D., Bonfim, F., Honório, I., Reis, I., Pereira, A. D. J., & Souza, D. D. B. (2020). *Cuaderno dos microrganismos eficientes (EM): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM*. Departamento de Fitotecnia Campus da Universidad Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 32. <https://aksopam.ufv.br/wp-conteuo/uploaded/2020/09/Caderno-dos-Microrganismos-eficientes-diagramado.pdf>
- Arias, F. (2012). *Introducción a la metodología científica: El proyecto de investigación*. Sexta edición. Editorial Episteme, C.A.
- Aslanzadeh, S., Kho, K., & Sitepu, I. (2020). Evaluating the Impact of Takakura and Effective Microorganisms (EM) as Bioactivators on the Quality of Final Compost. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 742(1), 012017. doi: 10.1088/1757-899X/742/1/012017.
- Awasthi, M. K., Duan, Y., Awasthi, S. K., Liu, T., & Zhang, Z. (2020). Effect of biochar and bacterial inoculum additions on cow dung composting. *Bioresour. Technol.* 297, 122407. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122407>
- Cárdenas, J. (2018). *Investigación cuantitativa*. trAndeS. https://www.programa-trandes.net/Ressources/Manuales/Manual_Cardenas_Investigacion_cuantitativa.pdf
- Castañeda Arrascue, L. M. (2019). *Potencial de producción de biogás mediante co-digestión anaerobia de lactosuero residual y excretas bovinas en Perú [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo]*. DSPACE <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12630>
- Castillo Huamán, L. C. (2019). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]*.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/VIII_FON_104_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

Chang, J., Peng, S., Ciaias, P., Saunois, M., Dangal, S.R., Herrero, M., Havlík, P., Tian, H., Bousquet, P. (2019). Revisiting enteric methane emissions from domestic ruminants and their $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ source signature. *Nat. Commun.*, 10 (1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11066-3>

CONCYTEC. (2020). *Guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo (I+D)*. <https://www.gob.pe/institucion/concytec/informes-publicaciones/1323538-guia-practica-para-la-formulacion-y-ejecucion-de-proyecto-de-investigacion-y-desarrollo>

De Abreu Azevedo, M., Diniz Caldeira, D., Albergaria, I. C. & Rosado, J. R. (18-20 de junho de 2018). III-068–Estabilidade de dejetos bovinos e resíduos verdes por compostagem [Sesión de conferencia]. *XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Paraná, Brasil. <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento40/TrabalhosCompletosPDF/III-068.pdf>

De Araujo Avila, G. M., Gabardo, G., Clock, D. C., & de Lima Junior, O. S. (2021). Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, 10(8), 1-13. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17515>

Fierer, N. (2017). Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 15(10), 579-590. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.87>

Gunawan, V. C., bin Shamsuddin, M. R., bin Mat Isa, N. H., & bin Julaihi, M. R. M. (2020). Performance analysis of effective microorganisms on chicken manure composting. *Science, Engineering and Health Studies*, 4(2) 132-140. <https://doi.org/10.14456/sehs.2020.12>

- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2nd ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología Investigación*. (6ta ed.). McGraw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, CP (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Inga Alcántara, J. R. (2018). *Eficiencia del tratamiento de residuos orgánicos pecuarios en composteras, mediante microorganismos eficientes presentes en la col china, julio 2017–julio 2018* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1249>
- Iriti, M., Scarafoni, A., Pierce, S., Castorina, G., & Vitalini, S. (2019). Soil application of effective microorganisms (EM) Maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. *International journal of molecular sciences*, 20(9), 2327. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>
- Ju, X. T., & Zhang, C. (2017). Nitrogen cycling and environmental impacts in upland agricultural soils in North China: a review. *J. Integr. Agric.* 16, 2848-2862. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61743-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61743-X)
- Jurado, M. M., Suárez-Estrella, F., López, M. J., Vargas-García, M. C., López-González, J. A., & Moreno, J. (2015). Enhanced turnover of organic matter fractions by microbial stimulation during lignocellulosic waste composting. *Bioresource Technology*, 186, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.059>
- Kong, Z. J., Wang, X. Q., Liu, Q. M., Li, T., Chen, X., Chai, L. F., Liu, D. Y., & Shen, Q. R. (2018). Evolution of various fractions during the windrow composting of chicken

- manure with rice chaff. *J. Environ. Manag.* 207, 366-377.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.023>
- Kothari, C. R. (2019). *Research Methodology. Methods & Techniques.* (2th rev. Ed.) New Age International (P) Ltd., Publishers
- Li, M. X., He, X. S., Tang, J., Li, X., Zhao, R., Tao, Y. Q., ... & Qiu, Z. P. (2021). Influence of moisture content on chicken manure stabilization during microbial agent-enhanced composting. *Chemosphere*, 264, 128549.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128549>
- Lunt, M. F., Palmer, P. I., Feng, L., Taylor, C. M., Boesch, H., Parker, R. J. (2019). An increase in methane emissions from tropical Africa between 2010 and 2016 inferred from satellite data. *Atmos. Chem. Phys.* 19, 14721–14740. <https://doi.org/10.5194/acp-19-14721-2019>
- Mengqi, Z., Shi, A., Ajmal, M., Ye, L., & Awais, M. (2021). Comprehensive review on agricultural waste utilization and high-temperature fermentation and composting. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-24.
<https://doi.org/10.1007/s13399-021-01438-5>
- Ministerio de Agricultura y riego [MIDAGRI]. (2017). *Plan nacional de desarrollo ganadero 2017-2027.* <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima, Perú.
- Ministerio del ambiente [MINAM]. (2019). *Minam: 70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos.* Sinia.
<https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minam-70-residuos-que-generamos-pueden-convertirse-nuevos-productos>

- Miraval Tarazona, A. A. (2019). *Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica lindero, Tomayquichua, ambo, Huánuco, diciembre 2018–marzo 2019* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2184>
- Montero Ramírez, S. Y. (2019). *Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco marca, departamento de Huánuco noviembre-2018-enero-2019* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://distancia.udh.edu.pe/handle/123456789/1680>
- Nova Pinedo, M., & Mamani Sánchez, B. (2020). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal de bebe para la producción de humus. *Acta Nova*, 9(5-6), 737-753. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892020000200006&script=sci_arttext
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Gestión de estiércol*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GM>
- Palella, S., y Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3era ed. FEDUPEL.
- Panisson, R., Muscope, F. P., Müller, C., Treichel, H., & Korf, E. P. (2021). Increased quality of small-scale organic compost with the addition of efficient microorganisms. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, 56(3), 531-540. <https://doi.org/10.5327/Z21769478949>
- Pillco Mamani, K. (2020). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. DSPACE. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14508>

- Qu, G., Cai, Y., Lv, P., Ma, X., Xie, R., Xu, Y., & Ning, P. (2019). Effect of EM microbial agent on aerobic composting for dairy cattle manure. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(11), 6945-6958. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2146-4>
- Rastogi, M., Nandal, M., & Khosla, B. (2020). Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon*, 6(2), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03343>
- Reynoso Peña, J. D. (2021). *Elaboración de vermicompost con estiércol de vacuno utilizando la lombriz roja californiana (eisenia foétida) y microorganismos eficientes en la granja ecológica Linderos, Tomayquichua, ambo, Huánuco 2020* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2807>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Instrucciones de compostaje para agricultores. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/manual-compostaje-agricultor-experiencias-america-latina>
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Enhancement of Composting Process through Nutrient and Microorganism Supplementation. *Waste Management*, 69, 136-153. doi: 10.1016/j.wasman.2017.08.012.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El desarrollo de la investigación científica*. 5ta ed. Limuosa.
- Tongwane, M. I., & Moeletsi, M. E. (2021). Provincial cattle carbon emissions from enteric fermentation and manure management in South Africa. *Environmental Research*, 195, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110833>
- Van Fan, Y., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Chua, L. S., Sarmidi, M. R., & Leow, C. W. (2018). Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*, 216, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>

- Vieira Pinto, L. E., Novais Spósito, T. H., Martins, F. B., Mendes Alves, A., Guimarães Bavaresco, L., Soldá, R. B., Silva Loosli, F., de Mello, P. R. & Teixeira, W. F. (2017). Compostagem com diferentes fontes de esterco enriquecidas com yorin para potencialização da fertilidade do solo. *Colloquium Agrariae*, 13, 59-64. [10.5745/caa.2017.v13.nespt.000152](https://doi.org/10.5745/caa.2017.v13.nespt.000152)
- Wan, L., Wang, X., Cong, C., Li, J., Xu, Y., Li, X., ... & Wang, L. (2020). Effect of inoculating microorganisms in chicken manure composting with maize straw. *Bioresource technology*, 301, 122730. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122730>
- Wang, X., Selvam, A., & Wong, J. W. (2016). Influence of lime on struvite formation and nitrogen conservation during food waste composting. *Bioresource technology*, 217, 227-232. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.117>
- Wang, Y., Ghimire, S., Wang, J., Dong, R., & Li, Q. (2021). Alternative Management Systems of Beef Cattle Manure for Reducing Nitrogen Loadings: A Case-Study Approach. *Animals*, 11(2), 1-24. <https://doi.org/10.3390/ani11020574>
- Xi, B., He, X., Dang, Q., Yang, T., Li, M., Wang, X., ... & Tang, J. (2015). Effect of multi-stage inoculation on the bacterial and fungal community structure during organic municipal solid wastes composting. *Bioresource Technology*, 196, 399-405. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.069>
- Zhang, Y., Zhao, Y., Chen, Y., Lu, Q., Li, M., Wang, X., Wei, Y., Xie, X., & Wei, Z. (2016). A regulating method for reducing nitrogen loss based on enriched ammoniaoxidizing bacteria during composting. *Bioresour. Technol.* 221, 276-283. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.057>

ANEXOS

ANEXOS A

Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente: Microorganismos eficaces comerciales	Los EM representan un consorcio de microorganismos beneficiosos, que incluyen bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores, entre otros (Panisson, et al., 2021).	Dosis de Microorganismos eficaces comerciales 1000 ml	Ficha registro
Variable Dependiente: Abono orgánico obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno y residuos domiciliarios	El compostaje o la fermentación aeróbica son técnicas comúnmente utilizadas para producir abono orgánico a partir de residuos agrícolas, residuos pecuarios (Mengqi et al., 2021).	Temperatura pH Humedad Concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Bo, Zn y Relación C/N	Multiparámetro de suelo Resultados de laboratorio Resultados de laboratorio

ANEXO B

Asignación de códigos a tratamientos y repeticiones

Nro	Tratamiento	Repetición	Unidad experimental
1	T0	1	T0-1
2	T1	1	T1-1
3	T2	1	T2-1
4	T3	1	T3-1
5	T0	2	T0-2
6	T1	2	T1-2
7	T2	2	T2-2
8	T3	2	T3-2
9	T0	3	T0-3
10	T1	3	T1-3
11	T2	3	T2-3
12	T3	3	T3-3

ANEXO C

Ficha de registro de Residuos Domiciliarios- Temperatura (°C), pH y Humedad (%) de los tratamientos

FICHA DE REGISTRO DE TEMPERATURA (°C), PH Y HUMEDAD (%)																		
DIA (cada 7 días)	TRATAMIENTO T0 – RESIDUOS DOMICILIARIOS 0 ML									TRATAMIENTO T1 – RESIDUOS DOMICILIARIOS 1000 ML								
	T0-1			T0-2			T0-3			T1-1			T1-2			T1-3		
	°C	pH	Hum. (%)	°C	pH	Hum. (%)	°C	pH	Hum. (%)	°C	pH	Hum. (%)	°C	pH	Hum. (%)	°C	pH	Hum. (%)
1° D 06/03/22	17°	7	48%	17°	7	49%	17°	7	48%	15°	7	51%	16°	7	52%	15°	7	51%
7° D 13/03/22	19°	7.15	55%	20°	7.18	54%	19°	7.17	55%	19°	7.25	56%	20°	7.26	55%	20°	7.25	57%
14° D 20/03/22	22°	7.23	52%	21°	7.23	50%	22°	7.24	52%	25°	7.31	60%	24°	7.32	61%	23°	7.31	60%
21° D 27/03/22	26°	7.28	60%	26°	7.26	62%	26°	7.27	60%	29°	7.43	58%	28°	7.44	57%	29°	7.43	58%
28° D 03/04/22	33°	7.34	67%	33°	7.33	68%	33°	7.35	67%	36°	7.58	55%	38°	7.58	55%	40°	7.59	54%
35° D 10/04/22	40°	7.39	64%	40°	7.39	63%	41°	7.38	64%	45°	7.71	59%	45°	7.70	59%	44°	7.72	58%
42° D 17/04/22	46°	7.45	58%	46°	7.45	59%	47°	7.44	58%	58°	7.92	56%	59°	7.91	55%	58°	7.92	56%
49° D 24/04/22	55°	7.60	70%	55°	7.59	70%	55°	7.59	70%	54°	8.19	57%	55°	8.20	58%	54°	8.19	57%
56° D 01/05/22	43°	7.82	62%	43°	7.81	62%	43°	7.81	62%	42°	8.25	54%	44°	8.24	55%	44°	8.25	54%
63° D 08/05/22	34°	8.15	58%	35°	8.18	58%	35°	8.17	58%	30°	8.36	57%	32°	8.35	57%	32°	8.36	56%
70° D 15/05/22	23°	8.25	63%	24°	8.27	63%	24°	8.27	63%	24°	8.40	58%	25°	8.41	59%	24°	8.40	57%
77° D 22/05/22	13°	8.35	54%	13°	8.37	54%	13°	8.38	54%	10°	8.49	54%	11°	8.48	55%	10°	8.49	55%

Anexo D

Ficha de registro de Estiércol de ganado - Temperatura (°C), pH y Humedad (%) de los tratamientos.

FICHA DE REGISTRO DE TEMPERATURA (°C), PH Y HUMEDAD (%)																		
DIA (cada 7 días)	TRATAMIENTO T2 – ESTIÉRCOL DE GANADO 0 ML									TRATAMIENTO T3 – ESTIÉRCOL DE GANADO 1000 ML								
	T2-1			T2-2			T2-3			T3-1			T3-2			T3-3		
	•C	pH	Hum. (%)	•C	pH	Hum. (%)	•C	pH	Hum. (%)	•C	pH	Hum. (%)	•C	pH	Hum. (%)	•C	pH	Hum. (%)
1° D 06/03/22	20°	6.49	54%	21°	6.49	53%	21°	6.49	54%	22°	6.49	55%	20°	6.49	55%	21°	6.49	55%
7° D 13/03/22	21°	7.25	55%	23°	7.26	54%	22°	7.25	54%	24°	7.31	55%	22°	7.31	55%	23°	7.30	53%
14° D 20/03/22	24°	7.34	57%	25°	7.35	58%	25°	7.34	57%	26°	7.41	59%	25°	7.41	58%	25°	7.40	59%
21° D 27/03/22	27°	7.48	54%	26°	7.49	54%	27°	7.49	55%	29°	7.52	56%	29°	7.52	57%	28°	7.51	56%
28° D 03/04/22	29°	8	59%	28°	8	58%	29°	8	59%	35°	7.88	55%	35°	7.88	55%	34°	7.88	55%
35° D 10/04/22	32°	8.33	60%	31°	8.34	61%	31°	8.33	61%	45°	8.15	57%	45°	8.15	56%	45°	8.14	57%
42° D 17/04/22	38°	8.45	56%	37°	8.45	55%	37°	8.46	57%	56°	8.26	55%	56°	8.26	54%	56°	8.25	55%
49° D 24/04/22	48°	8.66	57%	49°	8.67	56%	49°	8.67	54%	60°	8.20	58%	59°	8.20	57%	60°	8.21	58%
56° D 01/05/22	53°	8.55	54%	53°	8.54	54%	53°	8.55	55%	53°	8.50	56%	52°	8.50	56%	54°	8.51	56%
63° D 08/05/22	41°	8.73	58%	41°	8.73	57%	41°	8.74	58%	41°	8.77	55%	42°	8.77	54%	42°	8.78	55%
70° D 15/05/22	30°	8.66	53%	30°	8.65	53%	30°	8.66	54%	31°	8.68	59%	31°	8.69	58%	31°	8.68	59%
77° D 22/05/22	25°	8.54	57%	24°	8.55	58%	24°	8.54	57%	22°	8.58	58%	23°	8.59	57%	22°	8.58	58%

ANEXO E

Ficha de registro de Residuos Domiciliarios- análisis de materia orgánica

FICHA DE REGISTRO DE MATERIA ORGANICA						
PARÁMETROS	TRATAMIENTO T0 – RESIDUOS DOMICILIARIO 0 ML			TRATAMIENTO T1 – RESIDUOS DOMICILIARIOS 1000 ML		
	T0-1	T0-2	T0-3	T1-1	T1-2	T1-3
	Final	Final	Final	Final	Final	Final
Conc. De Nitrógeno (N)%	1,71	1,69	1,70	2,40	2,38	2,40
Conc. De Fosforo (P) %	2,54	2,52	2,53	3,09	3,08	3,07
Conc. De Potasio (K) %	2,64	2,64	2,63	3,34	3,33	3,31
Conc. de Calcio (Ca) %	4,70	4,69	4,70	6,81	6,82	6,82
Conc. de Magnesio (Mg)	1,75	1,73	1,75	2,50	2,49	2,50
Conc. de Azufre (S) %	0,30	0,31	0,30	0,70	0,70	0,69
Conc. de Boro (Bo) ppm	14,45	15,10	14,90	18,9	18,8	18,9
Conc. de Zinc (Zn)	107,00	105,15	106,00	269,20	269,21	268,23
Relación (C/N)	8,65	8,45	8,60	12,68	12,69	12,70

ANEXO F

Ficha de registro de Estiércol de Ganado- análisis de materia orgánica

FICHA DE REGISTRO DE MATERIA ORGANICA						
PARÁMETROS	TRATAMIENTO T2 – estiércol de ganado 0 ml			TRATAMIENTO T3 – estiércol de ganado 1000 ml		
	T2-1	T2-2	T2-3	T3-1	T3-2	T3-3
	Final	Final	Final	Final	Final	Final
Conc. De Nitrógeno (N)%	1,37	1,39	1,38	2,04	2,03	2,05
Conc. De Fosforo (P) %	1,39	1,43	1,41	2,31	2,30	2,30
Conc. De Potasio (K) %	1,50	1,52	1,51	3,21	3,20	3,19
Conc. de Calcio (Ca) %	3,44	3,46	3,45	4,39	4,37	4,38
Conc. de Magnesio (Mg)	1,27	1,28	1,26	1,44	1,45	1,42
Conc. de Azufre (S) %	0,43	0,46	0,47	0,52	0,54	0,53
Conc. de Boro (Bo) ppm	13,11	13,23	13,18	16,99	16,97	16,95
Conc. de Zinc (Zn)	280,00	279,00	280,00	397	398	395
Relación (C/N)	10,12	10,13	10,14	13,25	13,25	13,23

ANEXO G

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 1: EM- COMPOST



Foto N° 2: MELASA



Foto N° 3: Activación del EM,
melaza y agua libre de cloro.



Foto N° 4: Limpieza del terreno
para instalar el vivero rustico



Foto N° 5: Instalación del vivero rustico



Foto N° 6: Composteras con Residuos domiciliarios



Foto N° 7: Composteras con Estiércol de ganado



Foto N° 8: Adición de EM-
COMPOST



Foto N° 9: Medición con el
multiparámetro al residuo
domiciliario



Foto N° 10: Medición con el
multiparámetro al estiércol de
ganado



Foto N° 11: Volteo de las muestras



Foto N° 12: Presencia de lombrices en las muestras de residuos domiciliarios por la descomposición



Foto N° 13: Medición de pH



Foto N° 14: Medición de Temperatura y Humedad



Foto N° 15: Finalización del proceso de compostaje



Foto N° 16: Pasamos el abono a un balde para cernir



Foto N° 17: Cernir el abono



Foto N° 18: Abono Estiércol de ganado sin EM



Foto N° 19: Abono Residuo domiciliario sin EM



Foto N° 20: Abono Residuo domiciliario con EM



Foto N° 21: Abono Estiércol de ganado con EM



Foto N° 22: Muestras de abono 1 Kg

por tratamiento

ANEXO H

DOCUMENTOS

ANALISIS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : MAYCOL MIULER BAZAN POLANCO
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ CAJAMARCA
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 76977
BOLETA : 5179
FECHA : 16/06/2022

N° LAB	CLAVES	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	S %
267	MUESTRA: T0-1 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	1.71	2.54	2.64	4.70	1.75	0.30
268	MUESTRA: T0-2 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	1.69	2.52	2.64	4.69	1.73	0.31
269	MUESTRA: T0-3 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	1.70	2.53	2.63	4.70	1.75	0.30
270	MUESTRA: T1-1 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	2.40	3.09	3.34	6.81	2.50	0.70
271	MUESTRA: T1-2 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	2.38	3.08	3.33	6.82	2.49	0.70
272	MUESTRA: T1-3 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	2.40	3.07	3.31	6.82	2.50	0.69
273	MUESTRA: T2-1 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	1.37	1.39	1.52	3.44	1.27	0.43
274	MUESTRA: T2-2 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	1.39	1.43	1.51	3.46	1.28	0.46
275	MUESTRA: T2-3 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	1.38	1.41	1.51	3.45	1.26	0.47
276	MUESTRA: T3-1 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	2.04	2.31	3.21	4.39	1.44	0.52
277	MUESTRA: T3-2 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	2.03	3.30	3.20	4.37	1.45	0.54
278	MUESTRA: T3-3 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	2.05	2.30	3.19	4.38	1.42	0.53

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

N° LAB	CLAVES	Zn ppm	B ppm	Relación C/N
267	MUESTRA: T0-1 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	107.00	14.45	8.65
268	MUESTRA: T0-2 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	105.15	15.10	8.45
269	MUESTRA: T0-3 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO SIN EM	106.00	14.90	8.60
270	MUESTRA: T1-1 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	269.20	18.9	12.68
271	MUESTRA: T1-2 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	269.21	18.8	12.69
272	MUESTRA: T1-3 ABONO RESIDUO DOMICILIARIO CON EM	268.23	18.9	12.70
273	MUESTRA: T2-1 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	280.00	13.11	10.12
274	MUESTRA: T2-2 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	279.00	13.23	10.13
275	MUESTRA: T2-3 ABONO ESTIERCOL DE GANADO SIN EM	280.00	13.18	10.14
276	MUESTRA: T3-1 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	397.00	16.99	13.25
277	MUESTRA: T3-2 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	398.00	16.97	13.25
278	MUESTRA: T3-3 ABONO ESTIERCOL DE GANADO CON EM	395.00	16.95	13.23



Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe