

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la calidad del compost aplicando
microorganismos eficaces en la provincia de
Puno-2023**

Marycarmen Rosangelica Choqueluque Atamari
Karen Yuiliana Condori Condori

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Puno, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jose Vladimír Comejo Tueros
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 26 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación;

Título:
"ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL COMPOST APLICANDO MICROORGANISMOS EFICACES EN LA PROVINCIA DE PUNO-2023"

Autores:
1. MARYCARMEN ROSANGELICA CHOQUELUQUE ATAMARI – EAP, Ingeniería Ambiental
2. KAREN YUILIANA CONDORI CONDORI – EAP, Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 20 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

DEDICATORIA

La presente investigación es dedicada especialmente:

A Dios por guiarme por un camino intelectual que me ayuda a alcanzar mis metas, sueños y aspiraciones, preparándome para los desafíos con paciencia, serenidad y tolerancia para superar nuevas dificultades.

A mi familia, por ser el motor que me impulsa a seguir adelante día a día con su incondicional amor, apoyo y confianza, quienes siempre están a mi lado en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

La realización de la presente investigación se la agradezco especialmente:

A Dios, por brindarnos vida, salud y seguridad, para poder seguir adelante con nuestras metas y sueños.

A gradecemos a nuestros padres, por estar con nosotros a lo largo de este largo camino, por su apoyo y su amor incondicional, por alentarnos constantemente con sus consejos, por comprender nos y animar nos a continuar con los estudios, les agradecemos cada día por seguir una educación digna y camino de la formación profesional.

RESUMEN

En el objetivo se planteó determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023. En el aspecto metodológico, se estructuró desde un tipo aplicado, alcance explicativo, diseño experimental y método científico. Asimismo, en la población se consideró a desechos orgánicos, restos de cosechas, excremento de vaca y excremento de oveja, alcanzando un peso total de 200 kilogramos de materia orgánica y como muestra se conformó de 10 unidades previo al experimento y 10 después del mismo, denominadas composteras con cada una con 10 kg. Además, se identificó que todas las dimensiones indicaron un incremento de efectividad posterior a la aplicación de microorganismos eficaces EM, indicando valores sig. menores al 0.05 de significancia. Se concluye que los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

Palabras clave. microorganismos eficaces, compost, nitrógeno, potasio, fósforo, conductividad eléctrica, pH, materia orgánica.

ABSTRACT

The objective was to: determine the influence of effective microorganisms on the quality of compost in the Province of Puno, 2023. In the methodological aspect, it was structured from an applied type, explanatory scope, experimental design and scientific method; In the population, organic waste, crop remains, cow excrement and sheep excrement were considered, reaching a total weight of 200 kilograms of organic matter and as a sample it was made up of 10 units prior to the experiment and 10 after it, called composters. With each one with 10 kg. It was identified that all dimensions indicated an increase in effectiveness after the application of effective EM microorganisms, indicating sig values. Less than 0.05 significance. It is concluded that effective microorganisms achieve greater efficiency in the amount of organic matter in the compost in the Province of Puno, 2023.

Keywords. Effective microorganisms, compost, nitrogen, potassium, phosphorus, electrical conductivity, pH, organic matter.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE	ix
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Problema general.....	17
1.1.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación	18
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables	20
1.4.1. Hipótesis general	20
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.4.3. Variables	21
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Antecedentes del Problema	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24

2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes locales	29
2.2. Bases Teóricas	29
2.2.1. El compost	29
2.2.2. Evaluación del compost	35
2.2.3. Microorganismos eficaces.....	36
2.3. Definición de Términos Básicos	40
CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA.....	43
3.1. Métodos y Alcance de la Investigación	43
3.1.1. Método y tipo de investigación.....	43
3.1.2. Alcance de la investigación.....	43
3.2. Diseño de la Investigación	44
3.3. Población y Muestra.....	45
3.3.1. Población	45
3.3.2. Muestra	45
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	45
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	45
3.5. Técnicas de Análisis de Datos	46
3.6. Consideraciones Éticas.....	46
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información	48
4.2. Análisis Descriptivo	56
4.3. Discusión de Resultados.....	58
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	64

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de variable microorganismos eficaces	22
Tabla 2	Matriz de operacionalización de variable calidad del compost	23
Tabla 3	Parámetros de análisis del compost	46
Tabla 4	Pruebas de normalidad.....	48
Tabla 5	Estadísticos de prueba de los componentes del compost en aplicación de microorganismos eficaces EM	49
Tabla 6	Análisis T de Student para muestras dependientes del nitrógeno..	50
Tabla 7	Análisis T de Student para muestras dependientes del fósforo	51
Tabla 8	Análisis T de Student para muestras dependientes del potasio	52
Tabla 9	Análisis T de Student para muestras dependientes del pH	53
Tabla 10	Análisis T de Student para muestras dependientes de la conductividad eléctrica	54
Tabla 11	Análisis T de Student para muestras dependientes de la materia orgánica.....	55
Tabla 12	Resultado de análisis inicial del compost sin aplicación de microorganismo eficaces EM.....	56
Tabla 13	Resultado de análisis final del compost con aplicación de microorganismo eficaces EM.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Compost a granel	31
Figura 2	Composición del compost.....	31
Figura 3	Importancia del compostaje.....	33
Figura 4	Proceso del Compostaje.....	35
Figura 5	Análisis pretest y postest de nitrógeno	50
Figura 6	Análisis pretest y postest de fósforo	51
Figura 7	Análisis pretest y postest del potasio.....	52
Figura 8	Análisis pretest y postest de pH	53
Figura 9	Análisis pretest y postest de conductividad eléctrica.....	54
Figura 10	Análisis pretest y postest de la materia orgánica.....	55

INTRODUCCIÓN

La práctica de compostaje es esencial en la gestión sostenible de residuos orgánicos y la producción agrícola, dado que se enfrenta a retos y oportunidades únicas en la provincia de Puno. En este contexto, el estudio “Análisis de la calidad del compost aplicando microorganismos eficaces en la provincia de Puno, 2023” surge como una exploración crucial y oportuna de métodos innovadores para optimizar la calidad del compost. En contraste, la incorporación de microorganismos eficaces (ME) en los procesos de compostaje promete no solo aceleración de la descomposición de la materia orgánica sino también mejorar notablemente la viabilidad del compost y calidad nutricional. Este estudio se enfoca en evaluar el impacto de los ME en las características fisicoquímicas del compost, como el nivel de pH, la conductividad eléctrica y contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, siguiendo los lineamientos establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Por medio de un análisis comparativo pre- y postaplicación de EM en muestras de compost de la región. Por lo que el estudio busca aportar conocimientos valiosos para los agricultores de Puno y actores del sector agrícola interesados en prácticas de compostaje mejoradas y sostenibilidad ambiental.

En el inicio del primer capítulo, el lector encuentra el planteamiento del problema de la investigación, donde se aborda el problema tanto a nivel internacional como nacional; además, se establecen los problemas tanto de forma general como específica. Luego se exponen los objetivos, tanto los de carácter general como los específicos, asimismo, se presentan argumentos para apoyar estos puntos. Además, se proporcionan hipótesis, tanto la general como las específicas, las cuales servirán como base para describir y definir operativamente las variables.

El segundo capítulo expone un marco teórico y conceptual que inicialmente contextualiza la situación tanto a nivel nacional como internacional; posteriormente, establece una fundamentación teórica para respaldar y justificar las variables; también reconoce los conceptos esenciales y los define individualmente.

El tercer capítulo representa el plan metodológico, abarcando el método, tipo, extensión, configuración y perspectiva de la investigación; además, detalla el conjunto, la muestra y sus particularidades; también expone los procedimientos para recabar datos, los instrumentos empleados, la aplicación de la biorremediación, los pasos de la investigación y los aspectos éticos.

En el cuarto capítulo se exponen los resultados en un nivel descriptivo e interpretativo, mientras que el quinto capítulo lleva a cabo análisis de hipótesis tanto a nivel global como detallado. Para concluir, la fase final del trabajo de investigación abarca las conclusiones, sugerencias y anexos que detallan todo el proceso de investigación y los resultados obtenidos en el laboratorio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

A nivel internacional, la generación de desechos orgánicos como los restos de cosechas, estiércol de animales y frutas caídas constituye un desafío ambiental asociado a las actividades agrícolas. La dificultad para gestionar este problema se acentúa por la falta de información sobre su manejo, así como por limitaciones de espacio y tiempo. Respecto a esto, el Parlamento Europeo (1) indicó que la Unión Europea genera más de 2.100 millones de toneladas de residuos anualmente. El objetivo es disminuir los residuos y su impacto ambiental. Además, la UE ha establecido objetivos ambiciosos en términos de reciclaje y vertido. A través de su directiva sobre vertederos, busca impulsar un manejo sostenible de los residuos de envases. En este sentido, se exige a los países miembros que para el 2035, no más del 10 % de los residuos municipales generados terminen en vertederos. Asimismo, la *Revista Técnica de Medio Ambiente* (2) refirió que la producción de residuos municipales experimentó notables fluctuaciones entre los países miembros de la Unión Europea. Asimismo, los datos de 2020 revelan que Dinamarca y Luxemburgo son los países que generan más residuos municipales por habitante, con 845 kg y 790 kg, respectivamente, además Malta y Alemania completan la lista con 643 kg y 632 kg por persona, respectivamente. Por otro lado, Sessier (3), en 2020, Rumania, Polonia y Hungría registraron las menores tasas de generación de residuos municipales por persona, con 287 kg, 346 kg y 364 kg, respectivamente. La tasa promedio de generación de residuos en la UE ese año fue de 505 kg por persona, lo que implica un incremento de 4 kilogramos por individuo en contraste con 2019 y de 38 kilogramos en contraste con 1995. En total, la Unión Europea generó 225,7 millones de toneladas de desechos municipales en 2020, un 1 % más que en 2019 (+1,8 millones de toneladas) y un 14 % más que en 1995 (+27,7 millones de toneladas). El compostaje se destaca como una forma importante de reciclaje que ayuda a disminuir la cantidad de residuos orgánicos. Respecto a esto, la División del Medio Ambiente Internaco (4) sostuvo que las cifras de compostaje para el 2020

muestran un crecimiento significativo en comparación con 1995, es decir, que en 2020 se procesaron 40 millones de toneladas de desechos mediante compostaje, lo que equivale a 90 kilogramos por individuo, mientras que en 1995 se compostaron 14 millones de toneladas o 33 kilogramos por persona, esto representa un aumento de casi tres veces la cantidad de residuos compostados en dos décadas.

En el Perú, presentamos un problema de producción masiva y acumulación descontrolada de desechos de todo tipo, entre ellos se encuentran los residuos orgánicos. Respecto a esto, en el diario El Peruano (5) se indicó que en nuestro país, se produce diariamente una cantidad promedio de 21 mil toneladas de desechos municipales provenientes de la población de 32 millones de habitantes. Esto se traduce en una generación de residuos de aproximadamente 0.8 kilogramos por persona al día y más del 50 % de esta cifra total que incluye a materia orgánica, alimentos y vegetales. Asimismo, diario en El Peruano (6) se refirió que según datos del Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol), en 2021, la producción promedio de desechos sólidos domiciliarios por persona alcanzó los 0.58 kg/hab./día, mientras que la de desechos sólidos municipales fue de 0.83 kg/hab./día, esto significa que en total, se generaron 8 millones 214,355.90 toneladas de desechos sólidos municipales durante ese año, lo que equivale a 22,505.08 toneladas diarias, en cuanto a su composición, el 56.70 % estuvo constituido por residuos orgánicos; el 20.94 %, a residuos inorgánicos; el 12.66 %, a residuos no aprovechables y el 9.71 %, a residuos peligrosos. Sin embargo, existen actividades que se pueden realizar para mitigar esta problemática, siendo una de las más efectivas el compostaje de residuos orgánicos. Esta práctica presenta múltiples beneficios, como la reducción de la cantidad de desechos que terminan en vertederos y la creación de abono natural que mejora la calidad del suelo. En concordancia con esto, Grandez (7) señaló que el compostaje como método para gestionar desechos orgánicos, reduce en un 80 % la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Como resultado, se obtiene “compost”, un material valioso para la recuperación de suelos, la fertilización de cultivos y la promoción de una generación de alimentos más sustentable. A nivel local en la ciudad de Puno,

en el Ministerio del Ambiente MINAM (8) se indicó que Puno registra más de 8000 toneladas diarias de desechos y solo cuenta con 5 rellenos sanitarios en sus alrededores. Sin embargo, no todo es negativo, ya que hay presencia de empresas con conciencia ambiental que han decidido apostar por el compostaje como una forma de negocio. En referencia a ello, El proceso de compostaje permite redirigir 15 toneladas de desechos orgánicos cada mes, evitando que terminen en vertederos, contribuyendo a la reducción de 28,8 toneladas de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que representa el uso de gasolina correspondiente a 3.298 galones, evidenciando un efecto beneficioso en el entorno ambiental (9).

Por todo lo anteriormente expuesto, planteamos el siguiente problema:

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023?
- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023?
- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023?
- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023?
- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023?
- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

1.3. Justificación

Justificación ambiental

La justificación ambiental de esta investigación se basa en que al incorporar compost en la gestión de residuos orgánicos, se promueve la reducción de desechos enviados a vertederos, disminuyendo así la generación de gases de efecto invernadero y la contaminación del suelo. Además, el compost, al ser un producto orgánico y natural, mejora la salud del suelo al proporcionar nutrientes esenciales y fomentar la retención de agua, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y la conservación de recursos naturales.

Asimismo, al gestionar de manera efectiva los residuos orgánicos y transformarlos en compost, se obtiene un material rico en nutrientes que beneficia la calidad del suelo y, por ende, el medio ambiente. El compostaje reduce los volúmenes de residuos que llegan a los vertederos, mitigando la emisión de gases de efecto invernadero y evitando la contaminación del suelo.

Por otra parte, el compostaje contribuye a cerrar el ciclo de vida de los materiales orgánicos, y promueven prácticas más responsables y circulares. Al mejorar la salud del suelo, el compost no solo fomenta la producción agrícola

sostenible, sino que también actúa como un sumidero natural de carbono. En última instancia, el compostaje se alinea con los principios de economía circular, minimizando el impacto ambiental de los residuos orgánicos y fomentando un enfoque más equilibrado y regenerativo hacia la gestión de los recursos.

Justificación social

La investigación se justifica socialmente al promover la mejora de las prácticas responsables y sostenibles con el fin de beneficiar directamente a las comunidades, la forma en que este método de gestión de residuos orgánicos involucra a los ciudadanos consiste en un proceso participativo, educativo y de toma de conciencia sobre la importancia de reducir la cantidad de desechos que generamos. Asimismo, la implementación del compostaje en comunidades crea oportunidades para la educación ambiental y el trabajo colaborativo. Se fomenta la participación activa de los ciudadanos, generando un sentido de responsabilidad compartida hacia el cuidado del entorno. Por otra parte, el compostaje a nivel comunitario puede llevarse a cabo en jardines compartidos, escuelas o espacios públicos, fortaleciendo los lazos sociales y promueven la cohesión comunitaria. Además, el compostaje también puede generar empleo en sectores relacionados, como la gestión de residuos, la agricultura sostenible y la educación ambiental. En cuanto a la incorporación de microorganismos eficaces en la evaluación del compostaje, esta ofrece ventajas significativas para las comunidades locales, dado que al disminuir la dependencia de fertilizantes químicos, se promueven prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente. Asimismo, la disminución de residuos orgánicos destinados a los vertederos reduce el riesgo de contaminación del agua subterránea y del suelo, protegiendo así la salud pública y el ecosistema. Por último, al disminuir la dependencia de los vertederos y las emisiones de gases de efecto invernadero, se contribuye a mejorar la calidad de vida de los pobladores de Puno al reducir la contaminación y promover un entorno más saludable y sostenible para las generaciones actuales y futuras.

Justificación económica

La justificación económica de esta investigación radica en los diversos beneficios que el compostaje puede aportar a la economía en general. Entre estos beneficios se encuentra la reducción de costos de eliminación de residuos. Además, el compostaje disminuye las cantidades de desechos orgánicos que terminan en vertederos o incineradoras, lo cual suele ser costoso. Por lo tanto, al utilizar el compostaje, se reduce la necesidad de transporte, gestión y disposición de estos residuos, generando ahorros para los municipios y las empresas responsables de su gestión.

Además, el compostaje produce un valioso subproducto en forma de compost, que puede utilizarse como abono orgánico. Este abono es beneficioso para la agricultura, fortaleciendo la fertilidad del suelo y disminuyendo la dependencia de fertilizantes químicos. Por consiguiente, los agricultores pueden obtener este recurso de manera más económica que los fertilizantes tradicionales, lo que contribuye a la sostenibilidad económica de la agricultura.

La implementación y gestión de iniciativas de compostaje pueden fomentar la creación de puestos de trabajo en diversas etapas del proceso. Desde la recolección de desechos orgánicos hasta la producción y distribución de compost, estas iniciativas contribuyen al desarrollo económico de las comunidades tanto locales como nacionales.

Finalmente, el compostaje puede impulsar iniciativas empresariales centradas en la gestión sostenible de residuos. Por ejemplo, empresas dedicadas a la recogida de residuos orgánicos, la producción de compost o la consultoría ambiental pueden encontrar oportunidades económicas en este ámbito.

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Hipótesis general

Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023.
- Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

1.4.3. Variables

- Variable Independiente : Microorganismos eficaces
- Variable Dependiente : Calidad del compost

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variable microorganismos eficaces

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida
Los EM son combinaciones de microorganismos beneficiosos y naturales que conviven en un líquido. Al aplicar inoculadores microbianos en desechos orgánicos o al introducirlos en el entorno, su impacto positivo se amplifica de manera sinérgica. Este cultivo está compuesto principalmente por bacterias lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras, y engloba más de 80 microorganismos diversos en total (10).	Aplicación de EM-Compost a lodos de planta de tratamiento de aguas residuales (10).	MI/kg	Dosis crecientes de EM-compost	Días.

Fuente. Elaboración propia

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variable calidad del compost

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
La evaluación del compost es un proceso fundamental que permite determinar la calidad y efectividad del compost producido. La evaluación del compost implica varios aspectos clave, entre ellas determinar sus características físicas, composición química, estabilidad, contenido de materia orgánica, actividad microbiana, ausencia de contaminantes y capacidad de retención de agua (11).	La evaluación del compost se define operacionalmente como el proceso mediante el cual se analizan y miden diversas características físicas, químicas y biológicas del compost producido. En esta evaluación, se lleva a cabo un análisis detallado de la composición química, sobre todo el contenido de nutrientes, como: N, P, K, así como de la temperatura que alcanza, las cuales serán esenciales en su capacidad para enriquecer el suelo (11).	N	Porcentaje de Nitrógeno presente en el compost	%
		P	Porcentaje del fosforo presente en el compost	%
		K	Porcentaje de potasio presente en el compost	%
		pH	Fr de pH presente en el compost	Fr
		CE (dS.m-1)	(μ mho/cm) presente en el compost	(μ mho/cm)
		Materia orgánica	Porcentaje de materia orgánica presente en el compost	%

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Esta investigación se realizó en el distrito de Jinzhou, Dalian, China en el 2020, que tuvo como objetivo realizar la inoculación de microorganismos en el compost de estiércol de pollo y paja de maíz. Se consideró el diseño experimental y tipo aplicada; asimismo en la muestra de análisis se trabajó con la paja de maíz de granjas de pollo para ajustar la cantidad de agua y el estiércol de pollo para evaluar las variaciones en la temperatura, humedad, pH en relación C/N. Como resultado se obtuvo un retraso en la fase termofílica del compostaje en comparación con los grupos de control, durante el proceso, se registró un aumento en la temperatura, tasa de germinación y pH. En conclusión, la aplicación de microorganismos resultó beneficiosa para estimular la elaboración del compost, esto se debe a las mejoras en la velocidad de conversión de nitrógeno y la humificación en comparación con el desarrollo general del compostaje, por lo tanto, esta táctica es eficaz para mejorar la eficacia y fomentar madurez en el proceso de compostaje del estiércol de pollo (12).

El artículo de investigación realizado en SKN College of Agriculture, Jobner, Rajasthan, en el 2022, consideró el propósito de evaluar el impacto de diversos residuos orgánicos, incluyendo desechos agrícolas, restos vegetales, malezas estacionales y hojarasca, combinados con estiércol de vaca, en las características químicas del vermicompost durante diferentes etapas del proceso de vermicompostaje (10, 20 y 30 días). Se aplicó el diseño experimental y tipo aplicado. El experimento se realizó con *Eisenia foetida* (lombriz) y materia orgánica con 12 tratamientos y 3 repeticiones como muestra. Los hallazgos del estudio indicaron que tanto la composición de los sustratos como una medida de material orgánico a estiércol de vaca tuvieron un efecto significativo en las propiedades químicas del vermicompost, es decir, que el sustrato que contenía residuos vegetales en una proporción de 8:6 alcanzó los mayores valores de fósforo total, nitrógeno total, y potasio total,

además de mostrar las relaciones C: N más bajas y un pH más bajo; por otro lado la proporción de 8:4 en residuos vegetales generó el mayor contenido de carbono orgánico total. Se concluyó que la transformación de diversos tipos de residuos en vermicompost no solo puede disminuir la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos, sino que también puede desempeñar un papel destacado como mejorador del suelo y suministrador de nutrientes esenciales para las plantas en el ámbito agrícola (13).

El estudio de investigación se llevó a cabo en Hlaing, región de Yangon, Birmania, en el 2019. El objetivo fue desarrollar un sistema de lombricompostaje mediante la introducción de lombrices de tierra, utilizando como sustrato plantas de banano, jacinto y estiércol. Se aplicó un diseño experimental donde se seleccionó como muestra la materia prima. Se utilizó un tanque de ladrillos de 60x60x30 cm como control, relleno con tierra, y se compararon sus resultados con seis tanques que contenían diferentes mezclas: tierra y estiércol de vaca, tierra y hojas de jacinto, tierra y hojas de banano, tierra, hojas de jacinto y banano, y tierra, hojas de jacinto y estiércol de vaca. En cada tanque se introdujeron cincuenta lombrices de tierra locales. Posteriormente, se analizaron y compararon los nutrientes obtenidos con los del control. Los resultados revelaron que los valores de potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) alcanzaron su punto máximo en el compost obtenido a partir de tierra, hojas de jacinto y banano, con la adición de estiércol de vaca en el tanque de vermicompost. Se concluyó que las lombrices autóctonas demostraron un gran potencial en la elaboración de vermicompost de alta calidad. Además, la combinación de estas materias primas se mostró eficiente y nutritiva para enriquecer el suelo (14).

En el artículo de investigación realizado en Camerún en el 2021, tuvo como objetivo realizar una alternativa ecológica y viable para el manejo de residuos orgánicos domésticos a través del vermicompostaje. Se aplicó el diseño experimental y tipo aplicada; asimismo se trabajó como materia prima de residuos orgánicos domésticos como muestra experimental. Como resultado se obtuvo que durante un período de 46 días de realizarse el vermicompostaje se registró una temperatura máxima de $54,3 \pm 5,4^{\circ}\text{C}$, mientras que el pH fluctuó entre 9,44 y 8,53. Los valores promedio de la

relación C/N oscilaron entre 11,04 y 11,68, es más el vermicompost exhibió niveles elevados de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), una prueba de fitotoxicidad realizada en lechugas mostró tasas de germinación de más del 50 %, lo que indica que el vermicompost producido no es tóxico. Se concluyó que el vermicompost resultante es rico en nutrientes y no presenta efectos fitotóxicos, es por eso, que el vermicompostaje debe aplicado en el marco de Camerún como un medio para convertir los desperdicios orgánicos en un abono orgánico adecuado para la promoción de la agricultura sustentable (15).

La tesis realizada en la Hacienda Joha, Ecuador en el 2019, se propuso examinar el efecto de tres variantes de abono en el desempeño del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.). Se utilizó un diseño de experimento de bloques completos al azar, con un plan factorial que tomó en cuenta dos variables principales: la clase de fertilizante (Agropesa, Biocompost y Ecogreen) y las cantidades (1250, 1000 y 750 kg/ha). Se contrastaron las interacciones con un conjunto de referencia. En cuanto al desenlace, se notó que no hubo discrepancias notables entre los fertilizantes en relación a la velocidad de germinación, con una media global del 96.0 %, además, el biocompost produjo plantas más altas en todas las evaluaciones, alcanzando alturas de 18.6, 41.4 y 54.5 cm a los 15, 30 y 45 días. Se concluyó que el biocompost aplicado en una dosis de 1250 kg/ha fue la estrategia más rentable, generando una relación beneficio-costo de 1.90 y una rentabilidad del 98.78 %. Ecogreen y Agropesa, con relaciones beneficio-costo de 1.85 y 1.84 y rentabilidades del 84.78 % y 84.17 %, respectivamente, ocuparon el segundo y tercer puesto en cuanto a rentabilidad (16).

2.1.2. Antecedentes nacionales

La tesis fue realizada en Catachi, Perú en el 2019 con el propósito de comprender la influencia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost donde se diseñó un estudio experimental puro y al azar; además, se consideró como muestra los residuos sólidos orgánicos, aplicando cuatro tratamientos con cantidades de 0, 250, 500 y 1000 ml de microorganismos eficientes (EM) en 10 L de soluciones acuosas. Asimismo, la técnica fue la observación-documental. Los resultados fueron que los procesos de

compostaje exhibieron un índice C: N de 31.25, sin embargo, en lo que respecta a los niveles de potasio, nitrógeno, cadmio, fósforo, humedad, carbono y materia orgánica, no alcanzaron los niveles requeridos según las pautas definidas en la regulación chilena NCh 2880. En conclusión, los tratamientos T2 y T3 durante el proceso de compostaje (mezcla de RSO-estiércol de vaca) cumplen con los requisitos de la normativa mencionada, por consiguiente, únicamente estos dos tratamientos demostrarían ser idóneos para su empleo como fertilizantes orgánicos según las especificaciones de la norma (17).

Mientras que el estudio de investigación se llevó a cabo en el distrito de Huayucachi, Huancayo, con el propósito de examinar la calidad del abono producido al mezclar cuatro tipos de desechos orgánicos (estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cultivo), utilizando tres concentraciones de 5 % Microorganismos Eficaces (EM). Este estudio fue de tipo aplicado, nivel descriptivo y diseño experimental. Se emplearon 12 composteras de dimensiones 0.8 m x 0.6 m como muestra. Durante el estudio, se realizó un monitoreo constante de parámetros como conductividad eléctrica, temperatura, humedad y pH. Las muestras obtenidas fueron analizadas en un laboratorio especializado en fertilizante, suelo, planta y agua. Los resultados permitieron identificar que los parámetros mencionados cumplen con los estándares establecidos para el compostaje de calidad, según las normativas de la FAO, EPA-Australia, Técnica Chilena e IIAP-Iquitos. Se concluyó que la utilización de microorganismos eficaces (EM) durante el compostaje condujo a un notable incremento en los niveles de calcio, cromo, humedad, cobre, conductividad eléctrica, relación C: N, cadmio y zinc presentes en el compostaje final, en comparación con el compost generado sin la utilización de EM. (18).

A su vez, la tesis realizada en Tomayquichua, Ambo, Huánuco en el 2021, tuvo como objetivo generar vermicompost a partir de estiércol de vaca mediante el uso de lombriz roja californiana y microorganismos eficientes. Se empleó una metodología de diseño experimental prospectivo y de tipo aplicado. Se trabajó con una muestra de 150 kilogramos de vermicompost por cada tratamiento, estableciendo 12 parcelas, cada una con 6 tratamientos, que

incluían un grupo de control, en cuanto al tiempo necesario para obtener vermicompost, durante un período de 2 meses, se llevó a cabo un estudio que involucró la intervención de lombriz roja californiana y microorganismos eficientes. Los resultados revelaron que se obtuvo un máximo de producción de vermicompost del 65.95 %, que equivale a 150 kg, además, se generó una calidad secundaria de compost de una proporción de 32.57 %, mientras que se produjo compost de calidad terciaria con un nivel del 1.48 %. Se concluyó que después de la descomposición de la lombricompostaje en los diferentes tratamientos, se observa un aumento en el peso y una reducción en el volumen, lo que sugiere la viabilidad de mejorar la producción del compost de calidad (19).

Por su parte, en la tesis realizada en la Huaracilla-Jesús en el 2023, con el propósito de comprender la influencia del microorganismo eficiente y la lombriz roja californiana en la elaboración de compost y vermicompost a partir de desechos orgánicos, el estudio fue de diseño factorial y de una perspectiva analítico-sintético; asimismo se trabajó con una muestra centrada en residuos orgánicos; considerando la observación directa como técnica, y la ficha de registro como instrumentó. Como resultado se observó un efecto positivo significativo de los microorganismos eficientes, se obtuvo que las características de calidad del compost fueron las siguientes: pH 7.4, la capacidad de transmitir corriente (conductividad) es 588 mS/m, contenido de compuestos orgánicos es 25.2 %, concentración de nitrógeno es 15.76 mg/g; en cuanto al vermicompost, sus características fueron pH 7.5, la capacidad de transmitir corriente (conductividad) es 108.9 mS/m, contenido de compuestos orgánicos es 17.6 %, y concentración de nitrógeno es 8 mg/g. Se concluyó que poseen una calidad satisfactoria y eficiente con respecto al efecto de los microorganismos (20).

A su vez, en la tesis realizada Banda de Shilcayo durante el 2020, se realizó un estudio con el fin de examinar la efectividad de microorganismo eficiente en la producción de compost utilizando residuos orgánicos domiciliarios como materia prima. Tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost a partir de desechos orgánicos domiciliarios. El método considerado fue aplicado y de diseño no

experimental, centrándose en la muestra de residuos orgánicos domiciliarios de 75 hogares; considerando la observación como técnica e instrumentos como las fichas de campo. El resultado indicó un pH7 de compost, un contenido de materia orgánica del 11.0558 %, y 101.6 mg/kg de nivel de nitrógeno; con respecto al metal pesado según la norma chilena 2880 se sitúa en un límite establecido. En conclusión, se determinó que el microorganismo eficiente es importante en la aceleración de los procesos de compostaje (21).

2.1.3. Antecedentes locales

El artículo realizado en la provincia de Chucuito, Puno en el 2019, tuvo como propósito examinar el período de maduración del compost mediante el empleo de técnicas de vermicompost, material orgánico (EM compost) y el grupo de control, empleando residuos orgánicos. Se utilizó el diseño experimental de tipo básico; asimismo se empleó como muestra los resultados sólidos orgánicos de hogares, mercados y restaurantes, microorganismos eficientes como la melaza de la caña de azúcar y lombrices rojas con tres tratamientos y seis unidades. Se obtuvo como resultado de acuerdo con vermicompost (T1) con lombrices rojas, em-compost (T2) se trabajó con microorganismo eficientes-abono de vacuno y control (T3) residuos orgánicos, indicando una diferencia significativa entre los tres tratamientos, es más, mediante el test de Duncan, se pudo establecer que los tratamientos (2 y 3) exhiben variaciones significativas respecto al tratamiento 1 en lo que respecta al período medio de maduración. Mientras que el primer tratamiento requirió una duración (93 días), segundo tratamiento mostró un lapso medio de 36.5 días y tercer tratamiento registró un periodo de 39.5 días. Por lo tanto, se puede concluir que el segundo tratamiento se destaca como el método más eficiente, con un tiempo medio de maduración de 36.5 días (22).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El compost

El compost es el resultado que se obtiene mediante la ejecución del desarrollo del compostaje, una práctica de descomposición biológica de materiales orgánicos que da como resultado un material fertilizante y enriquecedor del suelo. Este proceso natural y sostenible involucra los

desechos orgánicos (restos de comida, follajes, recortes de césped y material vegetal), experimentan un proceso de descomposición gracias a la actividad de microorganismo (bacterias, hongos y otros), que descomponen la materia. (23).

El compost es un material oscuro, similar a la tierra, con una textura rica y esponjosa. Respecto a esto, López et al. (11) indicó que contiene nutrientes esenciales para los vegetales que son potasio, fósforo y nitrógeno, así como una diversidad de microorganismos beneficiosos, de esta manera, al incorporar compost en el suelo, se mejora la estructura del mismo, se retiene la humedad, se aumenta la actividad biológica y se proporciona un suministro equilibrado de nutrientes para las plantas. Por otra parte, Louie (23) señaló que además de ser una fuente de nutrientes para el suelo, el compost también contribuye a la reducción de residuos orgánicos, disminuyendo la carga en vertederos y ayudando a mitigar el impacto ambiental, esta práctica sostenible fomenta la responsabilidad en la utilización del recurso natural, también promueve circularidad en los materiales orgánicos.

En resumen, el compost son recursos orgánicos que es el resultado de transformación del residuo orgánico en un material nutritivo y beneficioso para el suelo, ofreciendo una solución sostenible para la gestión de residuos y mejorando la salud y fertilidad de los suelos.

Figura 2
Compost a granel



Fuente. Imagen del Compost a granel (24).

Figura 3
Composición del compost



Fuente. Imagen de composición del Compost (26) .

A) El compostaje

El compostaje constituye el conjunto de procesos biológicos naturales que transforma materia orgánica que puede ser sobrantes de comidas, recortes de césped como hojas, que es un producto final llamado compost. Este proceso, que ocurre de manera controlada y beneficia tanto al medio ambiente como a la agricultura, consiste en descomponer materias orgánicas a través de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) (23).

Uno de los principios fundamentales del compostaje es la combinación adecuada de ingredientes. En referencia a esto, Vargas et al. (25) señalaron a la conocida “relación de carbono a nitrógeno” (C/N) e indicaron que una relación equilibrada de estos elementos es esencial para asegurar una descomposición eficiente, dado que el material compuesto de carbono que son hojas secas o papel, proporcionan la estructura necesaria, mientras que el material compuesto de nitrógeno, como restos de cocina o estiércol, suministran la fuente de nutrientes para los microorganismos. Por otra parte, López et al. (11) refirieron que durante el proceso de compostaje, los microorganismos descomponedores generan calor, que es crucial para acelerar la descomposición y eliminar patógenos y semillas de malas hierbas, además la temperatura es un indicador clave del progreso del compostaje, y se observan fases que van desde la mesofase hasta la termofase.

La activación de microorganismos específicos, como bacterias acidificadoras y actinomicetos, contribuye a la descomposición de compuestos más complejos. La presencia de oxígeno, clave en el compostaje aeróbico, permite que las materias orgánicas al oxidarse eviten producir olores desagradables asociados con el compostaje anaeróbico (27).

Figura 4
Importancia del compostaje



Fuente. Imagen de describe la importancia del compostaje (26) .

B) Procesos del compostaje

El compostaje se divide en varias fases distintas, cada una con características y objetivos específicos.

La primera fase es la mesofílica. Respecto a esto, Zúñiga (27) señaló que esta fase marca el inicio del compostaje, donde los microorganismos mesofílicos descomponen los materiales a temperaturas moderadas, generalmente entre 20°C y 40°C, durante esta etapa, se produce una descomposición inicial y se liberan compuestos orgánicos simples.

La fase termofílica es la siguiente etapa, caracterizada por un aumento significativo de la temperatura. En esta fase, los microorganismos termofílicos, como diversas bacterias y actinomicetos, descomponen rápidamente los materiales, generando calor. Las temperaturas pueden superar los 60°C, lo que contribuye a la erradicación de microorganismos dañinos y de semillas de plantas no deseadas. Esta fase es esencial para una descomposición efectiva y la transformación de los residuos en compost (10).

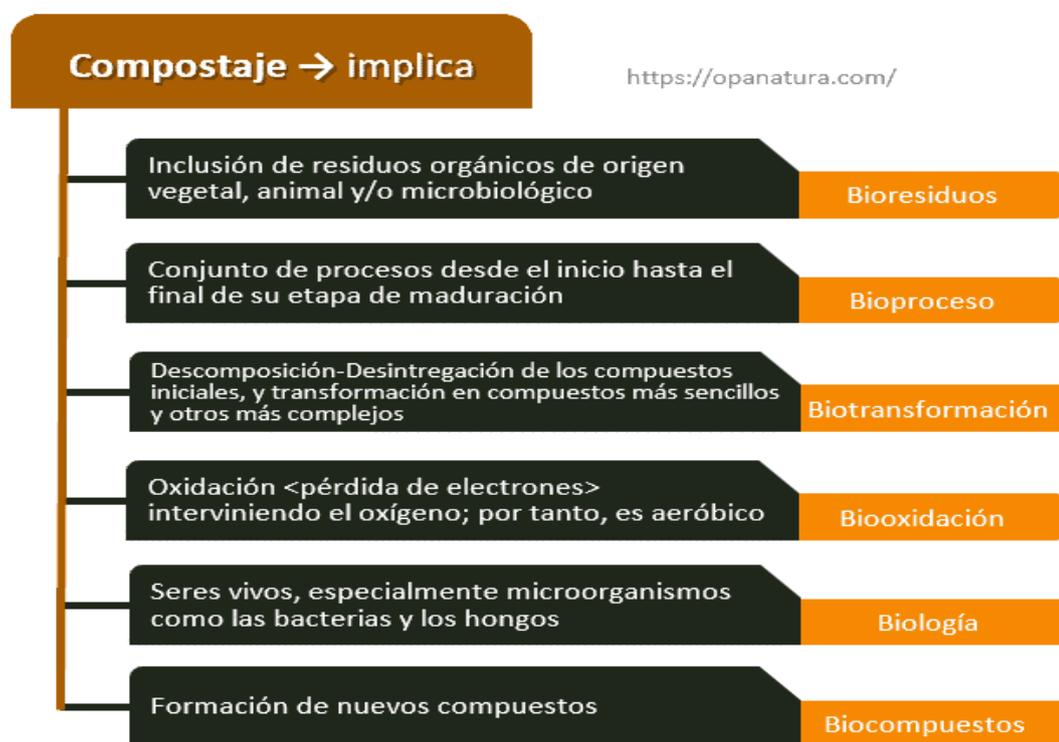
Por otra parte, debemos mencionar a la fase de enfriamiento. Sobre esto, López et al. (11) refirió que la transición hacia la fase de enfriamiento ocurre cuando se agotan los suministros de alimentos fácilmente descomponibles y la actividad microbiana disminuye, las temperaturas disminuyen gradualmente, que permite que organismos mesofílicos retomen su actividad, durante esta etapa se produce la humificación, donde los compuestos orgánicos se transforman en sustancias húmicas más estables.

El volteo del compost se realiza regularmente durante todo el proceso para mejorar la aireación y mezclar los materiales. Asimismo, el volteo contribuye a mantener condiciones aeróbicas, distribuir uniformemente la humedad y acelerar la descomposición (27).

Además, la maduración del compost es la fase final del proceso, donde el material compostado alcanza una estabilidad deseada y está listo para su uso. Durante esta etapa, se completa la descomposición de los residuos y desarrolla un abono de excelencia, abundante en nutrientes y ventajoso para la tierra (23).

En resumen, cada etapa del compostaje es fundamental para el logro del procedimiento en su totalidad. La gestión adecuada de variables como la relación de carbono a nitrógeno, la aireación y la humedad contribuye a un compost final de calidad, apto para su aplicación en la agricultura y la jardinería, y promueven prácticas sostenibles de manejo de residuos orgánicos.

Figura 5
Proceso del compostaje



Fuente. Esquema del proceso de compostaje (30).

2.2.2. Evaluación del compost

La evaluación del compost es un proceso crucial que implica analizar y evaluar la excelencia y las particularidades del compost generado. Sobre esto, López et al. (11) indicaron que este proceso busca asegurar que el compost cumpla con los estándares deseados y sea apto para su uso en aplicaciones agrícolas, horticultura u otros fines específicos.

Una de las principales áreas de evaluación del compost se centra en sus propiedades físicas. Esto abarca la consistencia, la compacidad y el nivel de humedad. La consistencia o textura de compost afecta su volumen para retener agua y nutrientes, mientras que la compacidad y el nivel de humedad afectan su manipulación y aplicación en diferentes contextos (23).

La evaluación de las propiedades químicas del compost es igualmente esencial. Respecto a esto, López et al. (11) señalaron que se analizan los niveles de nutrientes como potasio, fósforo y nitrógeno, además de otros

componentes importantes para el crecimiento de las plantas, también se examinan parámetros como el pH para determinar la acidez o alcalinidad del compost, lo que influye en su compatibilidad con ciertos cultivos. Por otra parte, la presencia de contaminantes también se evalúa en el compost. En referencia a esto, Louie (23) refirió que esto se soluciona la detección y medición de posibles elementos no deseados, como metales pesados o patógenos que podrían afectar negativamente a las plantas o al medio ambiente.

Asimismo, en el ámbito microbiológico, se realiza la valoración de actividades microbianas. Esta presencia de microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos, se considera positiva, ya que contribuyen a la descomposición y descomposición de materiales orgánicos, enriqueciendo el compost con nutrientes (27).

Además, la estabilidad del compost es otra dimensión clave en su evaluación. En referencia a esto, López et al. (11) señalaron que se debe determinar en qué medida el compost ha alcanzado un estado estable y ha completado el proceso de descomposición, minimizando el riesgo de liberación de compuestos fitotóxicos durante su aplicación.

Los métodos de evaluación del compost pueden variar según los estándares locales o internacionales, pero generalmente involucran una combinación de análisis de laboratorio y pruebas en campo. La información resultante de estas evaluaciones proporciona una base sólida para tomar decisiones informadas sobre el uso del compost y garantizar su beneficio tanto para la agricultura como para la sostenibilidad ambiental.

2.2.3. Microorganismos eficaces

Los microorganismos eficaces (ME) tienen una función crucial en el procedimiento del compostaje, contribuyendo a las descomposiciones de materiales orgánicos y al enriquecimiento del compost resultante. Respecto a esto, Frioni (28) refirió que estos microorganismos, que incluyen bacterias, hongos y actinomicetos, interactúan de manera sinérgica para llevar a cabo diversas funciones beneficiosas durante las diferentes fases del compostaje. Asimismo, Zuñiga (27) indicó que durante la fase inicial del compost, la bacteria mesófila son las primeras en actuar, descomponiendo compuestos orgánicos

simples, luego, conforme la temperatura del compost aumenta, los microorganismos termófilos, que prosperan en ambientes cálidos, toman el relevo, estos organismos descomponen materiales más complejos y generan calor, elevando la temperatura del compost y favoreciendo un proceso más rápido.

Los hongos tienen una función significativa para descomponer materia resistente que son las ligninas y celulosas. Su capacidad para descomponer estos compuestos contribuye a la transformación de materiales orgánicos en formas más estables y ricas en nutrientes. Además, los actinomicetos, que son microorganismos con características tanto de bacterias como de hongos, participan en la descomposición de compuestos orgánicos complejos y contribuyen a la formación de una estructura más estable en el compost (10).

Los productos comerciales que contienen una mezcla específica de microorganismos eficientes pueden aplicarse al compost o al material orgánico en descomposición para potenciar el proceso. En referencia a esto, López et al. (11) indicaron la existencia y el funcionamiento de estos microorganismos para el compost benefician la calidad final del producto al generar un compost más equilibrado en nutrientes, mejorando la estructura del suelo y proporcionando beneficios a las plantas que se cultivan en suelos enriquecidos con este compost, además, los microorganismos eficientes contribuyen a la supresión de patógenos como también en el fortalecimiento del cuidado de la tierra o suelo.

En conclusión, los microorganismos eficientes son esenciales para el éxito del compostaje, ya que facilitan la descomposición de materiales orgánicos y promueven la formación de un compost rico en nutrientes y beneficioso para el suelo y las plantas. Su inclusión y gestión adecuada son consideraciones clave para optimizar los procesos de compost.

C) Dimensiones de microorganismos eficaces

a) Nitrógeno

Los porcentajes compuestos por nitrógeno presente en el compost es un factor crítico que se evalúa en el proceso de análisis del compost. Respecto

a esto, Frioni (28) refirió que el nitrógeno es un elemento vital para el desarrollo de los vegetales o plantas y su presencia en el compost indica la capacidad del mismo para proporcionar nutrientes valiosos a los cultivos. Asimismo, López et al. (11) señalaron que a través de los procesos de compostaje, el microorganismo descompone la materia orgánica, liberando compuestos nitrogenados en el compost, estos compuestos incluyen amoníaco y otros compuestos orgánicos nitrogenados que contribuyen al contenido total de nitrógeno del compost.

El porcentaje de nitrógeno en el compost se mide mediante análisis químicos de laboratorio que determinan la concentración de nitrógeno total en relación con el peso total del compost. Este análisis proporciona información valiosa sobre la calidad nutricional del compost y su capacidad para enriquecer el suelo con nitrógeno disponible para las plantas (23).

Un compost con un contenido adecuado de nitrógeno se considera beneficioso para la fertilización del suelo. El nitrógeno es fundamental para procedimientos importantes en el desarrollo de diversas plantas, por medio de fotosíntesis y formación proteica. Un compost equilibrado con nitrógeno contribuye a optimizar la composición y promover el crecimiento saludable del cultivo.

La evaluación del porcentaje de nitrógeno también es importante para ajustar la relación compost y carbono/nitrógeno (C/N). Una proporción adecuada del C/N es esencial para un compost estable y de calidad. La relación C/N óptima generalmente se sitúa en un rango específico, y el porcentaje de nitrógeno es un componente clave para lograr este equilibrio.

En resumen, la medición del porcentaje de nitrógeno en el compost es esencial para garantizar que el compost cumpla con los requisitos nutricionales de las plantas y sea un recurso valioso para incrementar la productividad de los suelos.

b) Fósforo

Los porcentajes del fósforo presente en el compost es un indicador crucial que se evalúa en el análisis del compost. Respecto a esto, Frioni (28)

refirió que el fósforo es un macronutriente primordial en el desarrollo y crecimiento de los vegetales o plantas, teniendo un rol importante en cada proceso metabólico, transferencia de energía y formación de estructuras celulares. Asimismo, López et al. (11) indicaron que, en los procesos de descomposición de compost, los microbios desintegran la materia orgánica, liberando compuestos fosforados en el compost, estos compuestos incluyen fosfatos y otras formas de fósforo orgánico que contribuyen al contenido total de fósforo del compost.

La medición del porcentaje de fósforo en el compost se realiza mediante análisis químicos de laboratorio, que determinan la concentración de fósforo total en relación con el peso total del compost, este análisis ofrece información valiosa sobre la capacidad del compost para proporcionar fósforo disponible para las plantas (23).

Un compost con un contenido adecuado de fósforo se considera beneficioso para la fertilización del suelo. Respecto a esto, Yáñez (10) señaló que el fósforo es indispensable en el crecimiento de raíces, la floración, la formación de frutos y la transferencia de energía en las plantas, un compost equilibrado con fósforo contribuye a mejorar la salud de las plantas y promueve una cosecha más abundante. Por otra parte, la evaluación del porcentaje de fósforo también es crucial para ajustar la composición nutricional del compost. Sobre esto, López et al. (11) refirieron que la proporción adecuada de fósforo en relación con otros nutrientes es clave para garantizar que el compost sea un recurso valioso para mejorar la fertilidad de los suelos como atender los requerimientos particulares del cultivo. En resumen, la medición del porcentaje de fósforo en el compost es esencial para asegurar que el compost sea una fuente efectiva de este importante macronutriente, contribuyendo así al enriquecimiento del suelo y al fomento de un crecimiento saludable de las plantas.

c) Potasio

El porcentaje de potasio presente en el compost es un factor crucial que se evalúa durante el análisis del compost. Respecto a esto, Zuñiga (27) señaló que el potasio actúa como un cofactor en muchas enzimas presentes en

microorganismos, y facilita las reacciones bioquímicas necesarias para descomponer compuestos orgánicos complejos en formas más simples. Asimismo, Scott (29) señaló que el potasio juega un rol fundamental en diversos procesos biológicos de los vegetales o plantas, como las regulaciones del balance hídrico, las activaciones de enzimas, y el fortalecimiento de resistencia a enfermedades y la participación en la fotosíntesis. De esta forma, un compost enriquecido con potasio contribuye significativamente al desarrollo óptimo de las plantas y al aumento de su resistencia frente a factores estresantes.

En síntesis, la medición del porcentaje de potasio en el compost es un aspecto fundamental del análisis del compost, asegurando que este sea un recurso valioso para optimizar la productividad como también fomentar un desarrollo robusto y sano de los suelos y plantas.

2.3. Definición de Términos Básicos

Compostaje. Son procesos biológico-naturales controlados que implica la descomposición de materiales orgánicos bajo condiciones específicas. Se basa en la actividad de microbios, que es la bacteria, hongo como también actinomiceto, para transformar residuos orgánicos en compost. Estos procesos constituyen un resultado beneficioso en los suelos o tierra, debido a una gran incorporación de nutrientes (11).

Microorganismos eficaces. Son organismos biológicos, conformados por bacteria y hongo, empleados para potenciar y agilizar los procesos de descomposición. Estos microorganismos descomponen las materias orgánicas de manera más eficiente, acelerando la descomposición y promueven la formación de un compost de alta calidad (10).

Descomposición aeróbica. Son procesos biológicos de desintegración de materiales orgánicos ocasionados por la presencia del oxígeno. En el contexto del compostaje, esta forma de descomposición es esencial para mantener condiciones óptimas y evitar la generación de olores desagradables (10).

Relación de carbono a nitrógeno (C/N). Es el factor crucial en el compostaje que indica la proporción de carbono respecto al nitrógeno en los materiales orgánicos. Una relación C/N equilibrada, al unir elementos con alta concentración de carbono (por ejemplo, hojas secas) y alta concentración de nitrógeno (sobrantes de cocina), se promueve la actividad microbiana y los procesos de compostajes (27).

Fases del compostaje. El compostaje implica varias fases, como la mesofase (inicio de la descomposición), termofase (aumento significativo de temperatura), fase de enfriamiento (descenso de la temperatura) y fase de maduración (obtención del compost final). Cada fase contribuye al proceso global y determina la calidad del compost resultante (29).

Aireación. La aireación en el compostaje hace referencia en la entrega de oxígeno requerido para la descomposición aeróbica. Mantener una adecuada aireación, ya sea mediante el volteo del compost o el uso de sistemas de ventilación, es esencial para el éxito del proceso y la prevención de condiciones anaeróbicas no deseadas (11).

Descomposición. Es el proceso natural en el cual los microorganismos desintegran materiales orgánicos en componentes más simples, como nutrientes y materia orgánica estabilizada (11).

Aerobio. Son los procesos que ocurren en presencia de oxígeno. El compostaje es típicamente un proceso aeróbico (23)

Anaerobio. Son los procesos que ocurren en ausencia de oxígeno. Condiciones anaeróbicas en el compostaje pueden generar olores desagradables (23).

Fase mesofílica. La fase mesofílica es el inicio del compostaje, caracterizada por la actividad microbiana a temperaturas moderadas (27).

Fase termofílica. La fase termofílica es una etapa del compostaje donde se alcanzan temperaturas elevadas debido a la actividad microbiana intensa (10).

Fase de enfriamiento. Después de la fase termofílica, el compost entra en una fase de enfriamiento donde las temperaturas disminuyen y se estabiliza (11).

Volteo del compost. El volteo del compost implica mezclar o girar los materiales compostables para mejorar la aireación y facilitar la descomposición (11).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método y tipo de investigación

A) Método científico

El método aplicado fue el científico, porque genera un conocimiento fiable, es decir, que implica la agrupación de las características de cada subsección de la unidad analítica, que permite comprender la interdependencia de cada componente del análisis. Asimismo, el método científico es un procedimiento estructurado que facilita la creación de conocimiento científico acerca de la realidad y su posterior verificación, que comprende la identificación de un problema para luego realizar una revisión y validar las hipótesis (31).

El estudio es de tipo aplicada, puesto que los resultados buscaron acrecentar el fundamento teórico que se conoce respecto al estudio de las variables para posteriormente buscar una solución al problema. Al respecto, la investigación de tipo aplicada consiste en aplicar de manera práctica los conocimientos teóricos y científicos con el fin de abordar problemas específicos, es más, se orienta hacia la resolución práctica de situaciones y busca ofrecer soluciones tangibles (32).

3.1.2. Alcance de la investigación

La investigación consideró al alcance el explicativo, que consiste en detallar o explicar cada paso que se realiza para un compost aplicando microorganismos eficaces. Por consiguiente, lo explicativo se fundamenta en la resolución de problemas correctamente formulados y buscan establecer la relación de causa y efecto, por medio de una hipótesis que proporciona una explicación sobre cómo la variable independiente ejerce influencia sobre la variable dependiente (31). Al respecto, Hernández y Mendoza (32) sustentaron que el nivel explicativo se refirió a un tipo de investigación en el que se investigan las conexiones causales entre las variables, con el objetivo de

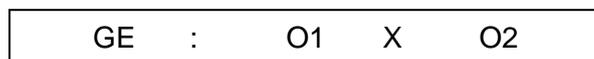
descubrir los motivos y las maneras en que ciertos factores impactan en los resultados observados. Además, es posible utilizar un análisis crítico de la literatura y teorías pertinentes para respaldar la formulación de hipótesis y establecer una base sólida para el diseño del estudio.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación fue experimental, enfocado en la observación continua y la recopilación de información en una variable a partir de los cambios y modificaciones que haremos en la otra. Frente a esto, se definen los estudios experimentales como aquellos donde se da cuando se modifica la variable independiente que permite percibir y cuantificar cada efecto producido en la variable dependiente dentro de un ambiente controlado (32). Asimismo, este tipo de estudio se realiza con un propósito que permite establecer conexiones causales de las variables, es más, los investigadores aplican intervenciones específicas a grupos de estudio, observan y registran los resultados (33).

Asimismo, en esta investigación manipularemos la variable microorganismos eficaces para buscar la evaluación del compost.

Figura 1 Modelo de diseño experimental



Donde:

O1 = Evaluación preexperimental de variable dependiente en el grupo experimental.

X = Variable independiente

O2 = Evaluación post experimental de variable dependiente en el grupo experimental.

Los grupos de estudio estarán constituidos por las muestras de compost.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

El estudio consideró como población a los desechos orgánicos, restos de cosechas, excremento de vaca y oveja, alcanzando como peso total de 200 kilogramos de materia orgánica. Respecto a esto, Hernández y Mendoza (32) señalaron a la población como grupo de elementos que comparten características similares y se encuentran dentro de un marco territorial que los identifica.

3.3.2. Muestra

La investigación consideró como muestra a 10 unidades previo al experimento y 10 después del mismo, llamadas contenedores de compostaje, con 10 kg, sumando un total de 200 kg de desechos orgánicos procedentes de la combinación de desechos del mercado, sobrantes de cultivos, estiércol de vaca como también de oveja. Esta muestra remitida al laboratorio tenía un peso de 1 kg de compost. En referencia a esto, Hernández y Mendoza (32) refirieron que la muestra consiste en un segmento más pequeño de la población o conjunto de individuos de interés, en ella, se recopilan los datos relevantes y es esencial que esta muestra represente adecuadamente a la población completa.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Análisis de laboratorio

La técnica mencionada está fundamentada de acuerdo con la investigación internacional, que refiere a los procedimientos de evaluación vinculados con la preparación de la muestra como el análisis de cada característica física, química y biológica del compost, así como de las materias primas destinadas al compostaje (34).

En el transcurso del compostaje, se analizó cada dato del potasio, fósforo, nivel de pH, contenido de materia orgánica, material orgánico y conductividad eléctrica.

Tabla 3 *Parámetros de análisis del compost*

Parámetro	Unidad de expresión
pH	Unidad
Nitrógeno	%
Potasio	%
Fósforo	%
Conductividad eléctrica	µmho/cm
Materia orgánica	%

3.5. Técnicas de Análisis de Datos

Al concluir el experimento, se organizó cada resultado adquirido para examinarlo mediante el análisis descriptivo de estadísticas como gráficos, empleando el test de normalidad de Shapiro-Wilk. Respecto a esto, Córdova (35) señaló que es un procedimiento estadístico utilizado para evaluar los conjuntos de datos si estas continúan en las distribuciones normales, el procedimiento se basa en la comparación de las estadísticas de prueba calculadas con un valor crítico específico. Asimismo, se empleó una prueba T de Student con el motivo de comparar la muestra pareada. En referencia a esto, Blanco (36) refirió que es un método estadístico diseñado para identificar diferencias significativas entre un mismo grupo antes y después de un tratamiento.

3.6. Consideraciones Éticas

El estudio de investigación incluye procedimientos de laboratorio confiables y analíticos para un óptimo resultado en la investigación. Por otro lado, con base en la información utilizada por otros autores, recibirán el crédito apropiado citados debidamente en base al estándar ISO-690; así también, los datos recopilados se mantendrán confidenciales y se utilizarán únicamente con fines de investigación. Asimismo, la investigación debe llevarse a cabo de manera responsable, procurando minimizar los impactos negativos con respecto al medio ambiente, como también cumplir con normativas y

regulaciones aplicables. Se deben aplicar prácticas de compostaje seguras y sostenibles, evitando el uso de microorganismos alterados genéticamente ocasionando resultados imprevistos del ecosistema. Es más honestidad e integridad científica son principios fundamentales en toda investigación. Los datos deben ser recolectados, analizados y presentados de manera precisa y objetiva, evitando cualquier manipulación que pueda distorsionar los resultados. La divulgación transparente de los métodos utilizados y posibles conflictos de interés contribuye a la credibilidad y confiabilidad de la investigación. Adicionalmente, la investigación sobre compostaje con microorganismos debería contemplar el impacto social y económico de sus descubrimientos. Por lo que se deben evaluar las posibles aplicaciones prácticas de los resultados y cómo podrían beneficiar o afectar a la sociedad en general. Asimismo, es importante reflexionar sobre la igualdad en la repartición de las ventajas como considerar posibles implicaciones éticas en términos de justicia social y acceso al resultado del estudio. Finalmente, se revisó el Reglamento de investigación, que enfatiza el uso de procedimientos de investigación aprobados por centros legalmente reconocidos como es la Universidad Continental, así como el respeto y cuidado de los datos recogidos en estudios de investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información

Los siguientes resultados se muestran con base a los objetivos planteados en la investigación, donde se partió del análisis de normalidad de datos para luego detallar los mismos mediante las pruebas de hipótesis.

La tabla 4 muestra los resultados adquiridos por el análisis de normalidad utilizando la técnica de Shapiro-Wilk para un tamaño de muestra de $n=10$, que es inferior a 50 datos en relación con las dimensiones de las variables evaluada del compost.

Tabla 4 Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	,877	10	,121
Conductividad	,935	10	,495
Materia orgánica	,939	10	,538
Nitrógeno	,936	10	,513
Fósforo	,917	10	,329
Potasio	,922	10	,370

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Se observa que dimensiones pH, conductividad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio presentan valores Sig. (0.121, 0.495, 0.538, 0.513, 0.329 y 0.370) con valores superiores a 0.05 de significancia, por lo tanto, se afirma que muestran una distribución normal, así que se seleccionará la prueba paramétrica T de Student para muestras pareadas.

Pruebas de hipótesis

Hipótesis general

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en la calidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

H₁: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 5 Estadísticos de prueba de los componentes del compost en aplicación de microorganismos eficaces EM

Nitrógeno antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,000
Fósforo antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,000
Potasio antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,001
pH antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,000
Conductividad eléctrica antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,022
Materia orgánica antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces EM	Sig. (bilateral)	,000

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis de los componentes en la evaluación del compost, se identificó que todas las dimensiones indicaron un incremento de efectividad posterior a la aplicación de microorganismo eficaces EM, indicando valores sig. menores a 0.05, se descarta la hipótesis nula, es decir, que los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.

Hipótesis específica 01:

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023.

H₂: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023.

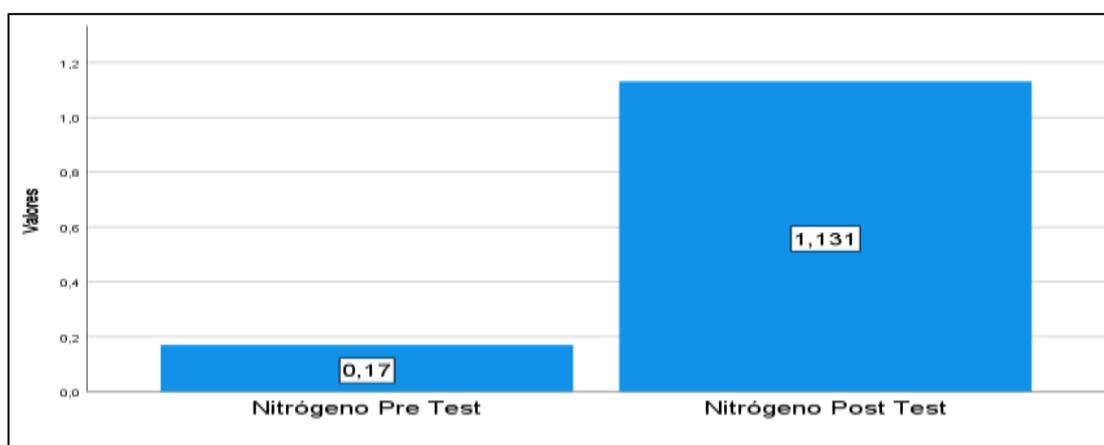
Tabla 6 *Análisis T de Student para muestras dependientes del nitrógeno*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza			
				Inferior Superior			
Nitrógeno	-,961	,177	,05620	-1,088 - ,8338	-	9	,000

17,09

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 6 *Análisis pretest y postest de nitrógeno*



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial derivada de la prueba T de Student de la muestra dependiente nitrógeno, se observó un valor de significancia de 0.000, inferior o menor al 0.05 establecido como margen de error, por ende, se rechaza la hipótesis nula, afirmando que los microorganismos eficaces logran una mayor eficiencia con respecto al contenido del nitrógeno del compost en la provincia de Puno en 2023.

Hipótesis específica 02

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023.

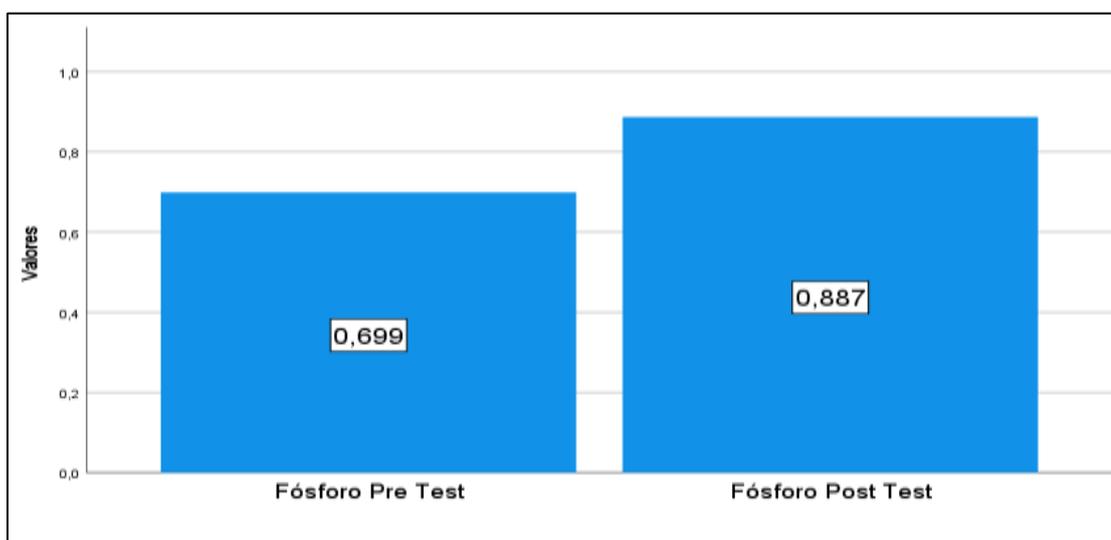
H₂: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 7 *Análisis T de Student para muestras dependientes del fósforo*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.	
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza				
				Inferior				Superior
fósforo	8,673	,488	,1545	8,3233	9,022	56,10	9 ,000	

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 7 Análisis pretest y postest de fósforo



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial de la prueba T de Student de la muestra dependiente del fósforo, se encontró un valor de significancia de 0.000, que es menor que el nivel crítico de 0.05. Por consiguiente, se descarta la hipótesis nula, lo que conduce a la conclusión de que los microorganismos eficaces logran una eficiencia superior en el contenido del fósforo del compost en la provincia de Puno en el 2023.

Hipótesis específica 03

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023.

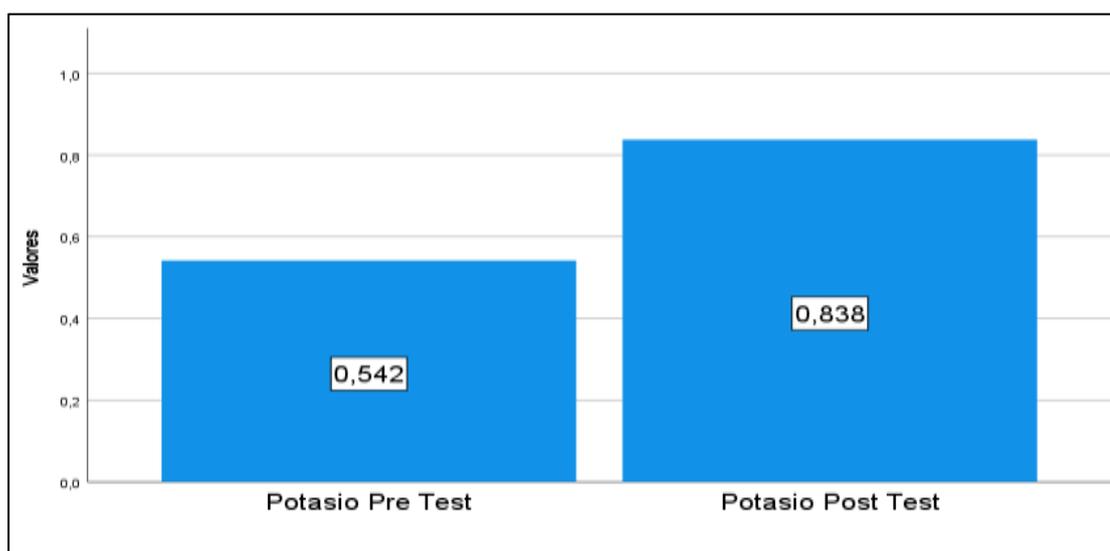
H₃: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 8 *Análisis T de Student para muestras dependientes del potasio*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.	
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza				
				Inferior				Superior
Potasio	-,296	,187	,0592	-,430	-,1619	- 4,99	,001	

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 8 Análisis pretest y postest del potasio



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial de la prueba T de Student para la muestra dependiente del potasio, se encontró un valor de significancia de 0.000, por debajo del umbral crítico de 0.05. Por lo tanto, se descarta la hipótesis nula, confirmando que los microorganismos eficaces consiguen una eficiencia superior con respecto al contenido del potasio en el compost en la provincia de Puno en 2023.

Hipótesis específica 04

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023.

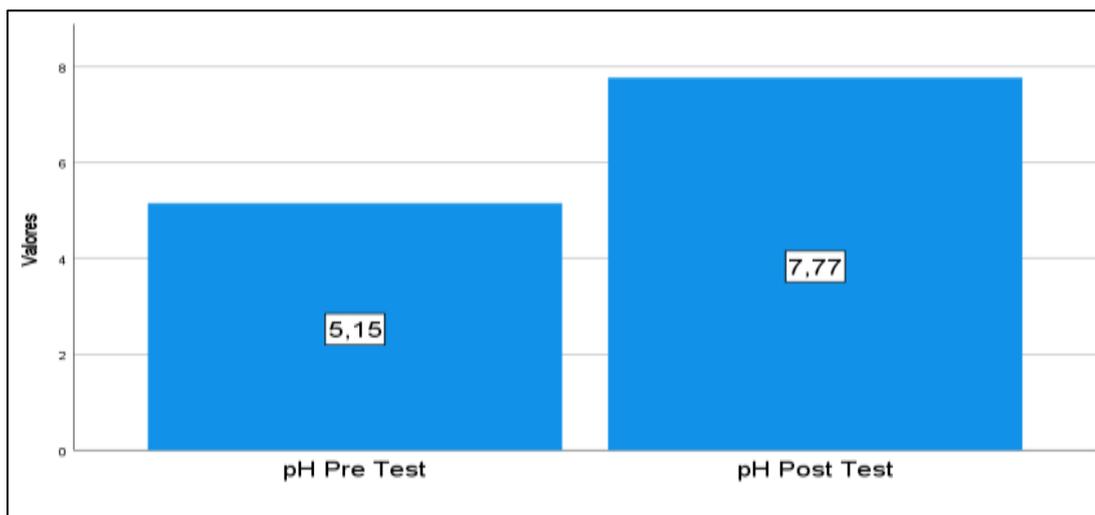
H₄: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 9 *Análisis T de Student para muestras dependientes del pH*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza Inferior Superior			
pH	-2,62	0,8534	0,26990	-3,23	-2,009	- 9,70	0,000

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 9 *Análisis pretest y postest de pH*



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial de la prueba T de Student para la muestra dependiente del pH, se obtuvo un valor de significancia de 0.000, que es inferior al nivel crítico de 0.05. Por consiguiente, se descarta la hipótesis nula y se sostiene que los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023.

Hipótesis específica 05

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023.

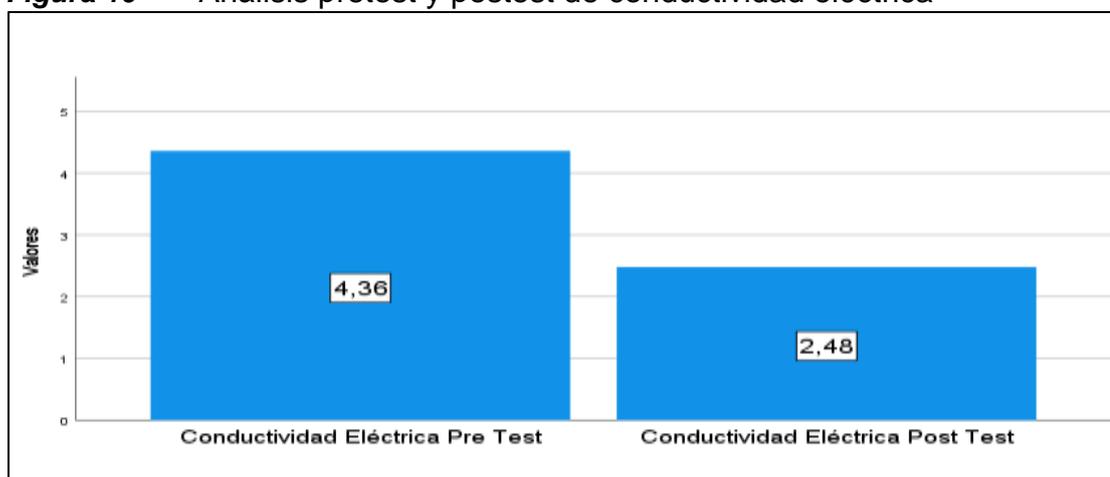
H₅: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 10 *Análisis T de Student para muestras dependientes de la conductividad eléctrica*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza Inferior Superior			
Conductividad Eléctrica	1,880	2,156	,6818	,3376 3,422	2,75	9	,022

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 10 *Análisis pretest y postest de conductividad eléctrica*



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial de la prueba T de Student para la muestra dependiente de conductividad eléctrica, se encontró un valor de significancia de 0.022, que es menor que el nivel crítico de 0.05. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se sostiene que los microorganismos eficaces lograron una mayor eficiencia en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno en 2023.

Hipótesis específica 06

H₀: Los microorganismos eficaces no logran mayor eficiencia en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

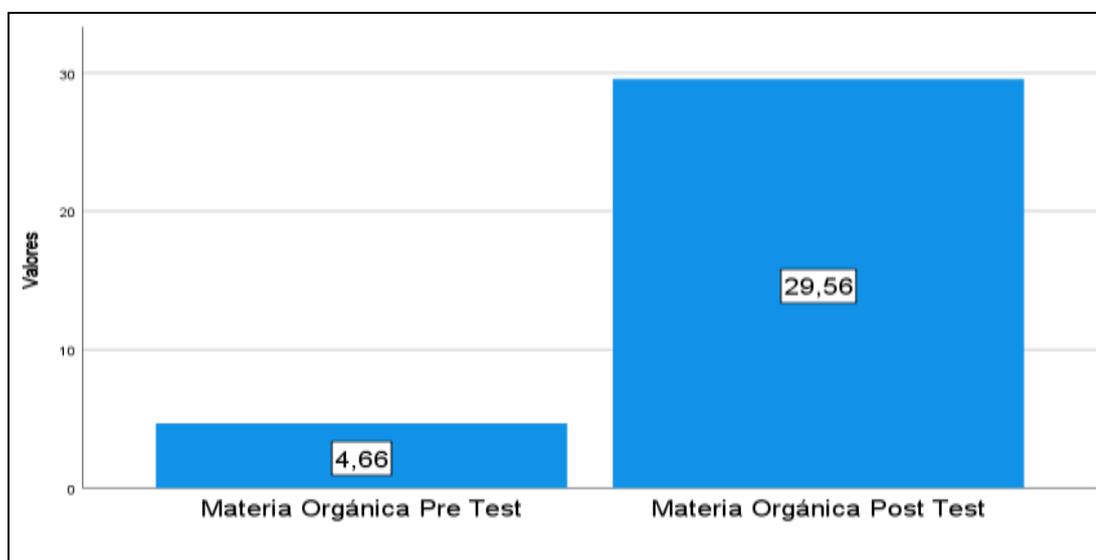
H₆: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.

Tabla 11 *Análisis T de Student para muestras dependientes de la materia orgánica*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilat.
	Media	s	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza			
				Inferior Superior			
Materia orgánica	-24,90	1,67465	,5295	-26,097 -23,702	-	9	,000
					47,01		

Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Figura 11 Análisis pretest y postest de la materia orgánica



Fuente. Base de datos en análisis de las muestras obtenidas por el Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Sobre la base del análisis inferencial de la prueba T de Student de la muestra dependiente de materia orgánica, se obtuvo un valor de significancia de 0.000, que es inferior al nivel crítico de 0.05. Por lo tanto, se

descarta la hipótesis nula y se concluye que los microorganismos eficaces alcanzan una mayor eficacia para la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno en 2023.

4.2. Análisis Descriptivo

Tabla 12 Resultado de análisis inicial del compost sin aplicación de microorganismo eficaces EM

Resultado de análisis inicial											
Ensayo	Unidad	Resultados									
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
pH	Unid. pH	4.9	4.7	4.6	5.1	4.7	6.4	5.5	5.1	5.2	5.3
		4.6	6.2	8.7	3	3.1	5.3	2	2.5	2.9	5.3
Conductividad eléctrica	µmho/cm	4.6	4.4	4.7	5.6	4.4	5.1	3.9	4	4.4	5.5
Materia orgánica	%	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Nitrógeno	%	7	6	7		6	9	4	5	6	
Fósforo	%	0.5	0.5	0.7	0.4	0.5	0.7	0.8	1.2	0.3	0.9
Potasio	%	2	6		6	6	8	8		5	8
		0.6	0.6	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	0.5	0.4	0.6
		8	4	4	9	2	5	1	1	9	9

Fuente. Laboratorio LABSAF.

Interpretación. Basado en los estándares de calidad para compost de la FAO, el análisis de las muestras de compost reveló que todas presentan un pH (4.6-6.4) por debajo del rango ideal de 6.5-8.6, indicando una acidez que necesita corrección. La materia orgánica está considerablemente baja (3.9-5.6 %), frente al estándar recomendado de más del 20 %, sugiriendo la necesidad de añadir más material orgánico o permitir más tiempo de descomposición. Los niveles de nitrógeno (0.14-0.2 %) también están por debajo del rango deseado de 0.3-1.5 %, y tanto el fósforo como el potasio registran valores inferiores a los óptimos (0.1-1.0 % para P₂O₅ y 0.3-1.0 % para K₂O, respectivamente), lo que señala la necesidad de enriquecer el compost con estos nutrientes esenciales. Por lo tanto, se deben hacer ajustes en la composición y el manejo del compost para mejorar su calidad y eficacia como enmienda del suelo.

Tabla 13 Resultado de análisis final del compost con aplicación de microorganismo eficaces EM

Ensayo	Unidad	Resultados de análisis final									
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
pH	Unid. pH	7.5	7.2	8.1	8	8.4	7	7.8	8.2	7.5	8
Conductividad eléctrica	µmho/cm	2.2	2.5	2.7	2.9	2.6	2.1	3.1	2	2.5	2.2
Materia orgánica	%	27.2	32.5	28.3	29.2	30.1	32.2	28.1	28.5	29.5	30
Nitrógeno	%	0.8	1.2	1.35	1.22	0.95	1.15	1.24	1.32	1.12	0.98
Fósforo	%	0.82	0.74	0.9	1	0.92	0.82	0.85	1.22	0.52	1.1
Potasio	%	0.88	0.95	0.56	0.89	0.9	0.92	0.82	0.61	1.1	0.77

Fuente. Laboratorio LABSAF

Interpretación. Los resultados del postest de las muestras de compost muestran una mejora significativa y satisfacen los criterios de calidad de la FAO: el pH de todas las muestras se encuentra dentro del rango óptimo de 6.5 a 8.6, la conductividad eléctrica se mantiene por debajo de los 4 ms/m considerados seguros para la mayoría de las plantas, y el nivel de materia orgánica sobrepasa un 20 % indicativo de un compost de alta calidad. En cuanto a los nutrientes, los niveles de nitrógeno están dentro del rango recomendado de 0.3 % a 1.5 %, y el potasio, aunque al límite, cumple con el estándar de 0.3 % a 1.0 % K₂O después de la conversión. No obstante, se observa un exceso en los niveles de fósforo en algunas muestras, superando el máximo de 1.0 % P₂O₅ recomendado por la FAO, lo que podría requerir atención para evitar la sobresaturación de fósforo en el uso agrícola del compost.

4.3. Discusión de Resultados

El resultado de la aplicación de microorganismos eficientes para la evaluación del compost en nuestra investigación fue que se produjo un aumento en el pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, contenido de fósforo y contenido de potasio, y a su vez se registró una disminución en la conductividad eléctrica. Esto en concordancia con los resultados del trabajo de investigación realizada en el distrito de Huayucachi-Huancayo, donde se tuvo como objetivo analizar la excelencia del compost generado a través de la combinación de cuatro categorías de desechos orgánicos (estiércol bovino, estiércol ovino, residuos de mercado y restos de cosecha), mediante la aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces al 5 %, en esta investigación se concluyó que la aplicación de microorganismos efectivos (EM) en el proceso de compostaje resultó en un aumento significativo en los niveles de humedad, conductividad eléctrica, calcio, cobre, zinc, relación C: N, cadmio y cromo en el compost final, en comparación con el compost generado sin la utilización de EM (18).

Asimismo, también existe concordancia con la tesis realizada en la Huaracilla-Jesús en el 2023, donde se tuvo como propósito principal evaluar el impacto de los microorganismos eficientes y la lombriz roja californiana en la producción de compost y vermicompost a partir de residuos orgánicos, en ella se observó un efecto positivo significativo de los microorganismos eficientes, se obtuvo que las características de calidad del compost fueron las siguientes: pH 7.4, conductividad eléctrica de 588 mS/m, contenido de materia orgánica del 25.2 %, concentración de nitrógeno de 15.76 mg/g; en cuanto al vermicompost, sus características fueron pH 7.5, conductividad eléctrica de 108.9 mS/m, contenido de materia orgánica del 17.6 %, y concentración de nitrógeno de 8 mg/g. Se concluyó que poseen una calidad satisfactoria y eficiente con respecto al efecto de los microorganismos (20).

Como primer objetivo específico, se determinó el contenido de Nitrógeno que presentó el compost en su evaluación obtenido a partir de la aplicación de microorganismos eficientes, pasando de un valor inicial de 0.17 % antes de la aplicación de microorganismos a 1.13 % después de la

aplicación de microorganismos eficientes. Ello se encuentra en concordancia con la tesis realizada en la Huaracilla-Jesús en el 2023, donde se tuvo como propósito principal evaluar el impacto de los microorganismos eficientes y la lombriz roja californiana en la producción de compost y vermicompost a partir de residuos orgánicos. En esta se observó un efecto positivo significativo de los microorganismos eficientes, alcanzando una concentración de nitrógeno de 15.76 mg/g; en comparación con el vermicompost, que tuvo una concentración de nitrógeno de 8 mg/g (20). Sin embargo, en la tesis realizada en Catachi-Perú en el 2019, donde se propuso como objetivo analizar el impacto de los microorganismos eficientes en la producción de compost, se obtuvo como resultados que los procesos de compostaje mostraron una relación C: N de 31.25., en cuanto a los parámetros de nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, humedad, materia orgánica y carbono orgánico, no se cumplieron con los estándares establecidos en la norma chilena 2880. En esta investigación, se determinó que únicamente los tratamientos T2 y T3 durante el proceso de compostaje (mezcla de RSO-estiércol de vaca) cumplen con los requisitos de la normativa mencionada, por lo tanto, solo estos dos tratamientos serían adecuados para ser utilizados como abono orgánico según las especificaciones de la norma (17).

Como segundo objetivo específico se determinó el contenido de fósforo que presentará el compost en su evaluación obtenido a partir de la aplicación de microorganismos eficientes, la cual paso de 9.46 ppm a 644.1 ppm (después de la aplicación de microorganismos eficientes). Esto es similar a los valores encontrados en la tesis realizada Banda de Shilcayo en el 2020, que tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost a partir de desechos orgánicos domiciliarios. Los resultados indicaron que el compost después de la aplicación de los microorganismos esenciales presenta un valor de contenido de fósforo de 0,074 % frente a los 0,012 % iniciales, se constató que se encontraban dentro de los límites establecidos por la norma chilena 2880, y se concluyó que los microorganismos eficientes desempeñan un papel clave en la aceleración del proceso de compostaje (21). Además, el artículo de investigación se realizó en Hlaing-región de Yangon, Birmania en 2019, que tuvo como objetivo desarrollar

un lombricompostaje mediante la introducción de lombrices de tierra, donde se suministraron plantas de banano, jacinto y estiércol, tuvo como resultados que los valores de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) alcanzaron su punto máximo en el compost obtenido a partir de tierra, planta de jacinto y planta de banano, con la adición de estiércol de vaca en el tanque de vermicompost. Se concluyó que las lombrices autóctonas también demostraron ser prometedoras en la producción de vermicompost de alta calidad y que la unión de materias primas es eficiente y nutritiva para enriquecer el suelo (14).

Como tercer objetivo específico se determinó el contenido de potasio que presentará el compost en su evaluación obtenido a partir de la aplicación de microorganismos eficientes, la cual pasó de 152.37 ppm a 569.5 ppm (después de la aplicación de microorganismos eficientes). Esto es similar a la tesis realizada en Tomayquichua, Ambo, Huánuco en el 2021, donde se tuvo como objetivo generar vermicompost a partir de estiércol de vacuno utilizando lombriz roja californiana y microorganismos eficientes. En esta se trabajó con una muestra de 150 kilogramos de vermicompost por cada tratamiento, estableciendo 12 parcelas, cada una con 6 tratamientos, que incluían un grupo de control, en cuanto al tiempo necesario para obtener vermicompost con la participación de microorganismos eficientes y lombriz roja californiana, este fue de 2 meses. Los resultados demostraron que la producción de compost producida con microorganismos eficientes aumento su contenido de potasio en un 220 %, se concluyó que los microorganismos eficientes consiguen aumentar en mayor medida el porcentaje de ciertos elementos en el compost a comparación del uso de lombriz roja californiana (19). Asimismo, en la tesis realizada en la Huaracilla-Jesús en el 2023, tuvo como propósito principal evaluar el impacto de los microorganismos eficientes y la lombriz roja californiana en la producción de compost y vermicompost a partir de residuos orgánicos. Como resultado se observó un efecto positivo significativo de los microorganismos eficientes, presentando una concentración de nitrógeno de 15.76 mg/g; en cuanto al vermicompost, presentó una concentración de nitrógeno de 8 mg/g. Se concluyó que poseen una calidad satisfactoria y eficiente con respecto al efecto de los microorganismos (20).

Como cuarto objetivo específico se determinó el pH que presenta el compost en su evaluación obtenida a partir de la aplicación de microorganismos eficientes, la cual pasó de 5.15 Unid. pH a alcanzar 7.7 Unid. pH. Esto es similar a en la tesis realizada en Catachi-Perú en el 2019, donde se propuso como objetivo analizar el impacto de los microorganismos eficientes en la producción de compost, se obtuvo como resultados que únicamente los tratamientos T2 y T3 durante el proceso de compostaje (mezcla de RSO-estiércol de vaca) cumplen con los requisitos de la normativa mencionada y se dio un aumento del pH del compost después de su aplicación, pasando de un 6.7 Unid. pH a un 7.8 Unid. pH, por lo tanto, solo estos dos tratamientos serían adecuados para ser utilizados como abono orgánico según las especificaciones de la norma (17). Sin embargo, en la tesis realizada en la Huaraclla, Jesús en el 2023, que tuvo como propósito principal evaluar el impacto de los microorganismos eficientes y la lombriz roja californiana en la producción de compost y vermicompost a partir de residuos orgánicos. Como resultado se observó un efecto positivo significativo de los microorganismos eficientes, se obtuvo que las características de calidad del compost fueron las siguientes: pH 7.4; en cuanto al vermicompost, sus características fueron pH 7.5. Se concluyó que ambos poseen una calidad satisfactoria y eficiente con respecto al efecto de los microorganismos en el pH del compost (20).

CONCLUSIONES

1. La introducción de microorganismos eficaces ha demostrado ser una estrategia exitosa en el perfeccionamiento global de la calidad del compost en la provincia de Puno en el 2023 (sig.<0.05). Estos microorganismos no solo agilizan las descomposiciones de las materias orgánicas, sino que optimizan la estructura como la estabilidad del compost, lo que da como resultado un producto final con atributos mejorados, y promueven la productividad del suelo que permite que la planta crezca.

2. Respecto al contenido de nitrógeno, los microorganismos eficaces han jugado un papel fundamental en el enriquecimiento del compost, optimizando los procesos biológicos que fijan el nitrógeno y lo transforman en formas más disponibles y asimilables para las plantas, lo cual es esencial para su desarrollo y producción. Esta pasó de un valor inicial de 0.17 % antes de la aplicación de microorganismos a 1.13 % posterior a esta.

3. Con respecto al fósforo, la utilización de microorganismos eficaces en el compost ha resultado en una mayor biodisponibilidad de este nutriente clave, crucial para la fotosíntesis y el crecimiento radicular. La acción sinérgica de estos microorganismos ha permitido una liberación más efectiva de fósforo desde la materia orgánica, e incrementa así su eficiencia y absorción por parte de las plantas. Se terminó con valores equivalentes a los 0.887 % frente a los 0.699 % iniciales.

4. Sobre la base del contenido de potasio, los microorganismos eficaces contribuyen significativamente a la solubilización y movilización de potasio en el compost, un elemento vital para la regulación osmótica y la activación de enzimas. Este incremento en la disponibilidad de potasio es crucial para la capacidad de las plantas para resistir enfermedades como también para la síntesis de proteínas y almidón, donde este componente pasó de 0.542 % a 0.838 % después de la aplicación de microorganismos eficientes.

5. En cuanto al pH, la aplicación de microorganismos eficaces ha probado ser efectiva en moderar la acidez del compost, acercándolo a un estado neutro ideal para la mayoría de los cultivos. Este equilibrio en el pH es fundamental

para las actividades microbianas como también en las disponibilidades de los nutrientes en el compost, lo cual repercute positivamente en la calidad del mismo. Este ítem pasó de 5.15 Unid. pH a alcanzar 7.7 Unid. pH.

6. La conductividad eléctrica del compost también ha sido influenciada positivamente por la aplicación de microorganismos eficaces, manteniéndose en niveles que sugieren un contenido de sales adecuado, lo que refleja un equilibrio saludable de minerales fundamental en el crecimiento vegetal o de la planta y la prevención de toxicidad por sales. El cual tuvo un decremento del 4.36 $\mu\text{mho/cm}$ a 2.48 $\mu\text{mho/cm}$.

7. Finalmente, la cantidad de materias orgánicas en el compost se ha visto significativamente mejorada con la incorporación de microorganismos eficaces. Esto se traduce en un incremento para las capacidades para la retención de nutriente y agua del compost, una mejor estructura del suelo y una mayor actividad biológica, todo lo cual es determinante para la salud del suelo y la productividad agrícola, el cual se incrementó de 4.66 % a 29.56 % del total de muestra.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar y posiblemente intensificar la incorporación de microorganismos eficaces en las prácticas del compostaje en la provincia de Puno, asegurando la dosificación correcta y la homogeneización adecuada en las pilas de compost para mantener la calidad del compost, la estructura del suelo y la fertilidad a largo plazo.
2. Se aconseja monitorizar y ajustar periódicamente las proporciones de carbono a nitrógeno (C: N) en el compost para optimizar las actividades de microorganismos eficaces en la fijación de nitrógeno, para garantizar así la disponibilidad de este nutriente es importante para el crecimiento de las plantas.
3. Es recomendable evaluar la composición de la materia prima utilizada en el compostaje para asegurar que hay suficiente fósforo disponible para que los microorganismos eficaces lo liberen en formas asimilables, potenciando así su absorción por las plantas.
4. Se sugiere la implementación de pruebas de suelo regulares para determinar la concentración de potasio y ajustar la población de microorganismos eficaces en el compost, con el fin de mejorar la movilización y la disponibilidad de este nutriente clave para la salud y resistencia de las plantas.
5. Se recomienda la implementación de controles regulares del pH en el compost para asegurar que la actividad de los microorganismos eficaces mantenga el pH en un rango neutro, adecuado para la mayoría de los cultivos, mejorando las actividades microbianas como las disponibilidades de nutrientes.
6. Se debería considerar la monitorización continua de la conductividad eléctrica para mantener los niveles de sales dentro de los rangos adecuados, evitando así la toxicidad por sales y asegurando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas.
7. Se insta a mantener prácticas de compostaje que fomenten la riqueza en materia orgánica, aplicando microorganismos eficaces para incrementar la

capacidad del compost de retener agua y nutrientes, lo cual mejorará las estructuras del suelo y las actividades biológicas, por ende, la productividad agrícola como sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PARLAMENTO Europeo. El trabajo de la UE para la gestión sostenible de residuos. 4 March 2024.
2. RETEMA. La generación de residuos urbanos en Europa sigue aumentando. RETEMA. Online. 4 May 2023. [Accessed 24 August 2024]. Available from: <https://www.retema.es/actualidad/generacion-residuos-urbanos-europa-sigue-aumentando>
3. SESSLER, J. Cada europeo generó 505 kg de residuos municipales en 2020, un 14 % más que en 1995. Residuo Profesional. Online. 1 February 2022. [Accessed 24 August 2024]. Available from: <https://www.residuosprofesional.com/europa-residuos-municipales-2020/>
4. INTERNACO. ¿Qué es el compostaje comunitario? Internaco Medio Ambiente. Online. 13 October 2022. [Accessed 11 March 2024]. Available from: <https://internacomedioambiente.es/noticias/que-es-el-compostaje-comunitario/>
5. DIARIO EL PERUANO. Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. *Diario El Peruano*. 15 May 2021.
6. DIARIO EL PERUANO. Situación actual de los residuos sólidos. *Diario El Peruano*. 23 June 2023.
7. GRANDEZ, P. Retos y oportunidades del compostaje en el Perú. *Actualidad Ambiental*. Online. 9 January 2019. [Accessed 24 August 2024]. Available from: <https://www.actualidadambiental.pe/opinion-retos-y-oportunidades-del-compostaje-en-el-peru/>
8. MINISTERIO del Ambiente. Minam: 70 % de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos. *SINIA*. 15 September 2019.
9. RPP Noticias. Emprendimiento peruano que promueve el compostaje en los hogares es reconocido en la lista de “Empresas que Transforman el Perú.” *RPP Noticias*. 3 January 2022.

10. YÁNEZ, A. Aprovechamiento de los E.M. (Microorganismos eficientes) para mejorar la calidad del abono orgánico tipo compost [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional. 2014.
11. LÓPEZ, J, NAVARRO, M and RAD, C. *Compostaje de residuos orgánicos y seguridad medioambiental*. Universidad de Burgos, 2014. ISBN 978-84-92681-77-8.
12. WAN, L, WANG, X, YONGPING, J, LIXIAOYU, Y. and WANG, L. Effect of inoculating microorganisms in chicken manure composting with maize straw. *Bioresource Technology*. 2020. Vol. 1, no. 1, p. 1–10. ISSN 0960-8524
13. JAT, H, VERMA, R, CHOUDHARY, P, LAL, B and MEENA, R. Changes in chemical properties of different organic wastes under varying ratios for vermicomposting. *The Pharma Innovation Journal*. 2022, 11(2), 399–402. ISSN 2277- 7695
14. CHERRY, C, MYINT, K. and YEE, T. Investigation on Vermicompost Production of Hyacinth plant and Banana plant Using Cow Du. *University of Yangon Research Journal*. 2019, 9(2), 472–476. ISSN 2518-0342
15. GINETTE, L, STEPHANE, C. and VALERIE, G. An effective organic waste recycling through vermicomposting technology for sustainable agriculture in tropics. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2021, 10(3), 203–214. ISSN 2251-7715
16. CHONG-QUI, J. *Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de nabo (Brassica rapa L.)* [Tesis de Título Profesional, Universidad Técnica estatal de Quevedo en Ecuador]. Repositorio Institucional. 2019.
17. MELENDREZ, N. and SANCHEZ, J. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Catachi* [Tesis de Título Profesional, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional. 2019.
18. CASTILLO, L. *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo* [Tesis de Título Profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional. 2020.

19. REYNOSO, J. *Elaboración de vermicompost con estiércol de vacuno utilizando lombriz roja californiana (Eisen foetida) y microorganismos eficientes en la granja ecológica linderos, Tomayquichua, Ambo, Huánuco* [Tesis de Título Profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional. 2021.
20. JULCAMORO, A. and FLORES, A. *Efecto de los microorganismos eficientes y la lombriz roja califonia en la producción de compost y vermicompost a partir de residuos orgánicos en la Huaraclla-Jesús* [Tesis de pregrado de Ingeniería, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Institucional. 2023.
21. SANCHEZ, E. and DOMINGUEZ, M. *Producción de Compost a base de Residuos orgánicos domiciliarios de Bello Horizonte con la Incorporación de Microorganismos Eficientes, Banda de Shilcaya* [Tesis de Título Profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. 2020.
22. CONDORI, M. and CHOQUEPATA, H. *Evaluación de métodos de compostaje de los residuos sólidos generados por el distrito de Juli, provincia de Chucuito-Puno* [Tesis de Ingeniería, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional. 2019.
23. LOUIE, R. *Compost City: Practical Composting Know-How for Small-Space Living*. Roost Books, 2015.
24. SEMBRALIA. Compost a granel. Sembralia. Online. 22 June 2023. [Accessed 24 August 2024]. Available from: <https://sembralia.com/blogs/blog/compost-a-granel>
25. VARGAS, M, ANDREU, F and FERNANDEZ, L. *De residuo a recurso: El camino hacia la sostenibilidad*. Mundi-prensa Libros, 2016. ISBN 978-84-8476-546-2
26. IBERDROLA. ¿Cómo hacer compost casero para tu huerto o jardín? *Iberdrola Web Site*. 11 December 2023.
27. ZUÑIGA, D. *Manual de microbiología agrícola*. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012. ISBN 978-612-4147-04-3
28. FRIONI, L. *Microbiología básica ambiental y agrícola*. 2011.

29. SCOTT, N. *Composting: An Easy Household Guide (Chelsea Green Guides)*. Chelsea Green, 2007. ISBN 9781933392745
30. PÁEZ, O. Compost y Compostaje: Conceptos básicos. . 23 September 2021.
31. ÑAUPAS, H, VALDIVIA, M, PALACIOS, J. and ROMERO, H. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y mixto*. . McGrawHill, 2018. ISBN 978-958-762-876-0
32. HERNÁNDEZ, R. and MENDOZA, R. *Metodología de Investigación: Rutas del aprendizaje*. McGrawHill, 2018. 978-1-4562-6096-5
33. BAENA, G. *Metodología de la investigación*. . Grupo Editorial Patria, 2017. ISBN 978-607-744-748-1
34. SADZAWKA, A, CARRASCO, M, GREZ, R and MORA, M. *Métodos de análisis de compost*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2005. ISBN 0717-4810
35. CORDOVA, I. *Estadística Aplicada a la Investigación*. Editorial San Marcos, 2019. ISBN 978-9972-38-711-1
36. BLANCO, C. *Encuesta y Estadística*. Editorial Brujas, 2012. ISBN 978-987-591-276-2

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cuál es la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023? ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023? ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023? ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023? ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023? ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficaces en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023. Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023. Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023. Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023. Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023. Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la calidad del compost en la provincia de Puno, 2023.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS: Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de nitrógeno del compost en la provincia de Puno, 2023. Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de fósforo del compost en la provincia de Puno, 2023. Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el contenido de potasio del compost en la provincia de Puno, 2023. Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en el pH del compost en la provincia de Puno, 2023. Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la conductividad eléctrica del compost en la provincia de Puno, 2023. Los microorganismos eficaces logran mayor eficiencia en la cantidad de materia orgánica del compost en la provincia de Puno, 2023.</p>	<p>Variable Independiente: Microorganismos eficaces</p> <p>Indicadores: Método de Maldonado</p> <p>Variable dependiente: Calidad del compost</p> <p>Indicadores: Porcentaje de Nitrógeno presente en el compost Porcentaje del fosforo presente en el compost Porcentaje de potasio presente en el compost Temperatura promedio del compost</p>	<p>TIPO: Aplicado</p> <p>DISEÑO: Experimental</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>MUESTRA:</p> <p>MUESTREO: Probabilístico</p> <p>TÉCNICA Análisis de laboratorio</p> <p>INSTRUMENTO: Ficha de registro</p> <p>PROCESAMIENTO DE DATOS Estadística- Software SPSS 28</p>

Anexo 2. Fichas de análisis de laboratorio pretest





INFORME DE ENSAYO
N° 11152- 23/SU/ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	:	Marycarmen Rosaangelica Choqueluque Atamari.
Dirección del cliente	:	Sector Janansaya – Putina Punco.
Solicitado por	:	Marycarmen Rosaangelica Choqueluque Atamari.
Muestreado por	:	Cliente
Número de muestra(s)	:	10 muestras
Producto declarado	:	Suelo agrícola
Presentación de las muestras	:	Bolsa de plástico transparente
Referencia del muestreo	:	Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s)	:	Puno / Sandía
Fecha (s) de muestreo	:	2023-09-07 (*)
Fecha de recepción de muestra (s)	:	2023-09-09
Lugar de ensayo	:	LABSAF Illpa
Fecha (s) de análisis	:	2023 – 09 - 11
Cotización del servicio	:	156 – 23 - ILL
Fecha de emisión	:	2023- 09 – 14

I. RESULTADOS DE ANÁLISIS

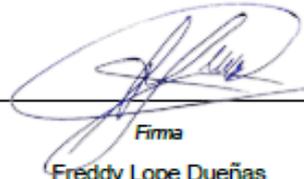
ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU2485-ILL-23	SU2486-ILL-23	SU2487-ILL-23	SU2488-ILL-23	SU2489-ILL-23	SU2490-ILL-23		
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de muestreo	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código /identificación de la muestra por el cliente	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	Unid. pH	—	4.9	4.7	4.6	5.1	4.7	6.4
Conductividad eléctrica	mS/m	—	4.6	6.2	8.7	3	3.1	5.3
Materia orgánica	%	—	4.6	4.4	4.7	5.6	4.4	5.1
Nitrógeno	%	—	0.17	0.16	0.17	0.2	0.16	0.19



Página 1 de 2

LABSAF ILLPA
 Dirección: Rinconada Salcedo 5/N

Fósforo	ppm	—	0.52	0.56	0.7	0.46	0.56	0.78
potasio	ppm	—	0.68	0.64	0.34	0.49	0.42	0.45
ITEM			7	8	9	10	11	12
Código de Laboratorio			SU2491-ILL-23	SU2492-ILL-23	SU2493-ILL-23	SU2494-ILL-23	—	—
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07	2023-09-07
Hora de inicio de muestreo (h)			14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)	14:00 (*)
Condición de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código / identificación de la muestra por el cliente			M-7	M-8	M-9	M-10	—	—
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	Unid. pH	—	5.5	5.1	5.2	5.3		
Conductividad eléctrica	mS/m	—	2	2.5	2.9	5.3		
Materia orgánica	%	—	3.9	4	4.4	5.5		
Nitrógeno	%	—	0.14	0.15	0.16	0.2		
Fósforo	ppm	—	0.88	1.2	0.35	0.98		
potasio	ppm	—	0.71	0.51	0.49	0.69		



Firma

Freddy Lope Dueñas

Director de Estación Experimental Agraria Illpa

FIN DE INFORME DE ENSAYO

LABSAF ILLPA

Página 2 de 2

Dirección: Rinconada Salcedo 5/N

Anexo 3. Fichas de análisis de laboratorio postest



INFORME DE ENSAYO

N° 11228- 23/SU/ILLPA

II. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	:	Marycarmen Rosaangelica Choqueluque Atamari.
Dirección del cliente	:	Sector Janansaya – Putina Punco.
Solicitado por	:	Marycarmen Rosaangelica Choqueluque Atamari.
Muestreado por	:	Cliente
Número de muestra(s)	:	10 muestras
Producto declarado	:	Suelo agrícola
Presentación de las muestras	:	Bolsa de plástico transparente
Referencia del muestreo	:	Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s)	:	Puno / Sandia
Fecha (s) de muestreo	:	2023-10-13 (*)
Fecha de recepción de muestra (s)	:	2023-10-13
Lugar de ensayo	:	LABSAF Illpa
Fecha (s) de análisis	:	2023 -10-16
Cotización del servicio	:	156 – 23 - ILL
Fecha de emisión	:	2023 -10-17

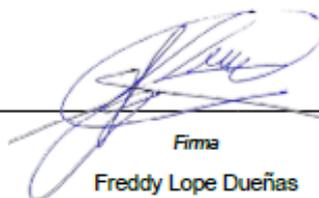
II. RESULTADOS DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU2540-ILL-23	SU2541-ILL-23	SU2542-ILL-23	SU2543-ILL-23	SU2544-ILL-23	SU2545-ILL-23		
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de muestreo	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código /identificación de la muestra por el cliente	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	Unid. pH	--	7.5	7.2	8.1	8	8.4	7
Conductividad eléctrica	mS/m	--	2.2	2.5	2.7	2.9	2.6	2.1



LABSAF ILLPA
Dirección: Rinconada Salcedo S/N

Materia orgánica	%	--	27.2	32.5	28.3	29.2	30.1	32.2
Nitrógeno	%	--	0.8	1.2	1.35	1.22	0.95	1.15
Fósforo	ppm	--	0.82	0.74	0.9	1	0.92	0.82
potasio	ppm	--	0.88	0.95	0.56	0.89	0.9	0.92
ITEM			7	8	9	10	11	12
Código de Laboratorio			SU2546-ILL-23	SU2547-ILL-23	SU2548-ILL-23	SU2549-ILL-23	---	---
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13	2023-10-13
Hora de inicio de muestreo (h)			14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)	14:30 (*)
Condición de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código /identificación de la muestra por el cliente			M-7	M-8	M-9	M-10	---	---
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	Unid. pH	--	7.8	8.2	7.5	8		
Conductividad eléctrica	mS/m	--	3.1	2	2.5	2.2		
Materia orgánica	%	--	29.1	28.5	29.5	30		
Nitrógeno	%	--	1.24	1.3	1.12	0.98		
Fósforo	ppm	--	0.85	1.22	0.5	1.1		
potasio	ppm	--	0.8	0.61	1.1	0.77		



Firma

Freddy Lope Dueñas

Director de Estación Experimental Agraria Illpa

FIN DE INFORME DE ENSAYO

LBSAF ILLPA

Página 2 de 2

Dirección: Rinconada Salcedo S/N

Anexo 4. Fotografía de la fase de campo y fase experimental



