

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS NATIVOS PARA
ACCELERAR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE
MATERIA ORGÁNICA DE
CULTIVOS EN COMPOST**

TESIS

PRESENTADA POR:

MARIO MARTÍN FIGUEROA PARODI

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN EN
GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2025

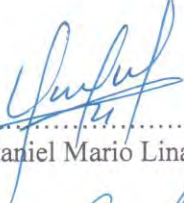

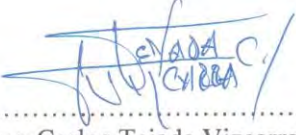
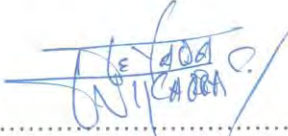
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS NATIVOS
PARA ACELERAR LA DESCOMPOSICIÓN DE
RESIDUOS DE MATERIA ORGÁNICA
DE CULTIVOS EN COMPOST**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de marzo del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE	:  Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez
SECRETARIO	:  Dr. Carlos Francisco Tito Vargas
MIEMBRO	:  Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra
ASESOR	:  Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

CERTIFICADO DE SIMILITUD

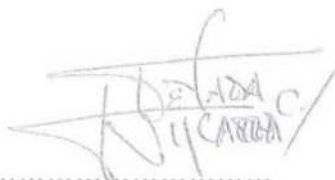
Yo, Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, en mi condición de asesor acreditado con Resolución de Escuela de Posgrado N° 14668-2024-ESPG/UNJBG del 25 de octubre del 2024, del trabajo de tesis titulado. “**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS NATIVOS PARA ACELERAR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE MATERIA ORGÁNICA DE CULTIVOS EN COMPOST**”, presentado por el Sr. Mario Martín Figueroa Parodi, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 6%

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis y está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado a solicitud del interesado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Tacna, 17 de febrero 2025



Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra
DNI N° 30820494



Sr. Mario Martín Figueroa Parodi
DNI N° 00498339



DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios nuestro señor y nuestra Madre la Virgen María por permitirme la existencia y fortaleza, así como sabiduría y dedicación en mis estudios.

A mi hijo Raúl Martín, ya que fue mi fuente de inspiración para luchar y alcanzar una etapa más en mi vida.

A mi hermano Rovel ya que el confió en mí para alcanzar esta meta y por su apoyo incondicional.

A Iselda mi compañera que siempre me apoyo y confió en mí y estuvo conmigo en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María, por ser mi guía y brindarme fortaleza y protección en este camino.

A mi hijo Raúl Martín por ser el regalo más hermoso que Dios me dio en esta vida mi principal motor y motivo.

A mi asesor de Tesis Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, de igual forma al Ing. Avelino García Lévano quienes me apoyaron en todo este proceso y compartieron sus conocimientos.

A los alumnos de la Facultad de Agronomía de la UNJBG, que en algún momento me apoyaron con su tiempo, se compartió experiencias y conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Identificación del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia.....	4
1.3.1. Justificación Social.....	4
1.3.2. Justificación Económica	4
1.3.3. Justificación Técnica	5
1.3.4. Importancia de la Investigación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	7
1.6. Variables.....	7
1.6.1. Identificación de las Variables.....	7
1.6.2. Caracterización de las Variables.....	7
1.6.3. Definición Operacional de las Variables	8
1.7. Limitaciones de la Investigación	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes del Estudio.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes Locales	12
2.2. Bases Teóricas.....	14

2.2.1.	El suelo y sus Características.....	14
2.2.2.	Microorganismos Nativos.....	14
2.2.3.	Tipos de Microorganismos Presentes	16
2.2.3.1.	Bacterias Foto Tróficas.....	16
2.2.3.2.	Bacterias Ácido Lácticas	16
2.2.3.3.	Levaduras	17
2.2.4.	Efecto de los Microorganismos	17
2.2.4.1.	En las Plantas.....	17
2.2.4.2.	En el Suelo	17
2.2.4.3.	Efectos en las Condiciones Químicas del Suelo.....	18
2.2.4.4.	Efectos en la Microbiología del Suelo.....	18
2.2.4.5.	Microorganismos Eficientes Nativos o de montaña	18
2.2.5.	Bacterias Fijadoras de Nitrógeno de vida Libre.	18
2.2.6.	Microorganismos Solubilizadores de Fosfato (MSF).....	19
2.2.7.	Los Abonos Orgánicos.	19
2.2.8.	Compostaje.....	19
2.2.9.	Fases del Compostaje	19
2.3.	Definición de términos	21
CAPITULO III		24
MARCO METODOLÓGICO		24
3.1.	Caracterización o Tipo del Diseño de Investigación	24
3.1.1.	Enfoque	24
3.1.2.	Nivel.....	24
3.1.3.	Diseño Experimental	24
3.1.3.1.	Descripción del Diseño Completamente al Azar	25
3.2.2.	Muestra.....	26
3.3.	Ámbito de Estudio.....	26
3.4.	Acciones y actividades para la ejecución del proyecto.....	26
3.4.1.	Acciones	26
3.4.2.	Captura de los Microorganismos Nativos.....	28
3.4.3.	Técnicas y/o Instrumentos	34
3.5.	Materiales y/o Instrumentos.....	35
3.6.	Tratamiento de Datos.....	37
CAPÍTULO IV		38
RESULTADOS		38
4.1.	Días a la obtención del compost.....	38

4.2.	Peso del compost (kg)	40
4.3.	Análisis físico químico del compost.....	43
	DISCUSIÓN.....	45
	CONCLUSIONES.....	48
	RECOMENDACIONES.....	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
	ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza de días a la obtención del compost	38
Tabla 2. Prueba de Tukey días a la obtención del compost	39
Tabla 3. Análisis de varianza de peso de compost (kg)	40
Tabla 4. Prueba de significación de Tukey de peso de compost.....	41
Tabla 5. Análisis del compost	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materia orgánica estiércol de gallinaza	27
Figura 2. Materia orgánica rastrojos de cultivos	27
Figura 3. Pilas de compostaje.....	28
Figura 4. Captura de Microorganismos Nativos	29
Figura 5. Preparación de Microorganismos Nativos Madre	30
Figura 6. Microorganismo Nativos (MN) – compost.....	31
Figura 7. Inoculación de Microorganismos Nativos Activados a la pila de compostaje	31
Figura 8. Riego de pilas de compostaje.....	32
Figura 9. Volteo de pilas de compostaje	32
Figura 10. Degradación de la materia orgánica y formación de colonias de actinomicetos.....	33
Figura 11. Cosecha de compost	33
Figura 12. Tratamientos cosechados	34
Figura 13. Pesado del compost.....	35
Figura 14. Número de días a la obtención de compost	39
Figura 15. Función lineal de número de días a la obtención de compost	40
Figura 16. Peso del compost	41
Figura 17. Función lineal peso de compost (kg).....	42

ANEXOS

Anexo 1. Días a la obtención de compost.....	56
Anexo 2. Peso de compost (kg).....	56

RESUMEN

La presente tesis titulada “Aplicación de microorganismos nativos para acelerar la descomposición de residuos de materia orgánica de cultivos en compost” se llevó a cabo en C.E.A III Los Pichones - UNJBG, se utilizó 2 tratamientos T₁:1 L. MN Activado/Mochila 20 L, T₂: 2 L. MN Activado/Mochila más un testigo sin aplicación, se utilizó el diseño completamente al azar en 4 repeticiones, las variables empleadas fueron días a la obtención se compost, peso de compost y análisis de físico químico. Para el análisis de datos se utilizó la varianza al 0,05 y 0,01 y para la comparación de medias se usó pruebas de significación de Tukey al 5 %. Para determinar las asociaciones de variables se empleó el análisis de regresión lineal. Los resultados evidenciaron los días a la obtención del compost el T₀ obtuvo el mayor promedio con 55 días y los tratamientos T₁ y T₂ con menores promedios con 48,00 y 41,00 días. El peso de compost el T₀ obtuvo el mayor promedio con 172,75 kg seguidos de los T₁ y T₂ con promedios de 154,50 y 137,50 kg respectivamente. Para ambas variables existió una correlación negativa perfecta siendo y según coeficiente de determinación $R^2 = 1$ señala que el compost está influenciado por las dosis de microorganismos nativos activos.

Palabras clave: Microorganismos nativos, materia orgánica de cultivos, compost

ABSTRACT

The present thesis entitled "Application of native microorganisms to accelerate the decomposition of crop organic matter residues in compost" was carried out at C.E.A III Los Pichones - UNJBG, using 2 treatments T1:1 L. MN Activado/Mochila 20 L, T2: 2 L. MN Activado/Mochila plus a control without application, a completely randomized design was used in 4 replications, the variables used were days to obtain compost, compost weight and physical-chemical analysis. For the analysis of data, the variance at 0.05 and 0.01 was used and for the comparison of means, Tukey significance tests were used at 5 %. Linear regression analysis was used to determine the associations between variables. The results showed that the days to obtain the compost, T0 obtained the highest average with 55 days and treatments T1 and T2 had the lowest averages with 48.00 and 41,00 days. For compost weight, T0 obtained the highest average with 172,75 kg, followed by T1 and T2 with averages of 154,50 and 137,50 kg respectively. For both variables there was a perfect negative correlation and the coefficient of determination $R^2 = 1$ indicates that the compost is influenced by the doses of active native microorganisms.

Keywords: Native microorganisms, crop organic matter, compost.

INTRODUCCIÓN

Un método esencial para reciclar los desechos agrícolas y agroindustriales y convertir estos subproductos en componentes que puedan ser utilizados para mejorar el suelo es la creación de abonos orgánicos (Uribe, 2003).

La actividad humana produce desechos sólidos, que suelen ser arrojados al exterior, donde se liberan gases que desprenden olores desagradables. Además, promueve el crecimiento de insectos (moscas, cucarachas y mosquitos) que dañan el medio ambiente, propagan enfermedades y degradan el paisaje. Por estas razones, desde hace tiempo se ha buscado un método adecuado para degradarlos.

Las actividades agrícolas en Perú producen una gran cantidad de residuos sólidos, que pueden transformarse en compost para producir microbios útiles y nutrientes aprovechables. Dado que el país ha experimentado un crecimiento urbano y poblacional, que ha aumentado la generación de residuos orgánicos, el compost ha ganado popularidad y necesidad como medio para abordar la creciente crisis de residuos y promover la sostenibilidad ambiental.

Según Soto (2003), el compost es un proceso biológico que convierte la materia orgánica en humus mediante la acción de microorganismos locales. Este proceso garantiza que se cumplan las condiciones necesarias para la fermentación aeróbica de estos materiales, en particular las relacionadas con la temperatura, la relación C/N, la aireación y la humedad.

Los productores se han visto obligados a buscar alternativas confiables y sostenibles como resultado de la necesidad de reducir su dependencia de productos químicos en diversos cultivos. Es por eso que los fertilizantes basados en microorganismos nativos son cada vez más populares en la agricultura orgánica. Mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aceleran el proceso de descomposición y aumentan la capacidad del suelo para absorber diversos nutrientes. Este tipo de fertilizante es esencial para la agricultura sostenible en este sentido.

Junto con el uso de microorganismos atrapados en el suelo que posteriormente se incorporan a las plantas a través de sus raíces y hojas para producir alimentos más saludables y de mayor calidad, estos métodos también representan estrategias ecológicas como el manejo de plagas y nutrientes, la reducción del uso de pesticidas y el aumento de los rendimientos de los cultivos (Bhattacharyya et al., 2016).

Lo que dijo Suquilanda (1996) es claro: agregar fertilizante orgánico al suelo mejora sus características químicas, aumenta la cantidad de macronutrientes como potasio, fósforo y nitrógeno, así como de micronutrientes, y potencia y mejora la actividad biológica del suelo. La población microbiana sirve como medida de la fertilidad del suelo y proporciona alimento y soporte a los microorganismos.

Según Moreira y Siquiera (2006), el suelo es un entorno complejo que proporciona una amplia gama de microhábitats para la inmensa biodiversidad microbiana de numerosos tipos de microorganismos, entre ellos bacterias, virus, hongos, actinomicetos, algas y protozoos. El compostaje mejora la calidad del suelo, aumenta la retención de nutrientes y agua, promueve el desarrollo de las plantas, disminuye la erosión y mantiene a raya las plagas y enfermedades. El compostaje también reduce la dependencia de fertilizantes químicos y otros insumos, lo que se traduce en ahorros financieros y una gestión más sostenible de los recursos naturales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

El desconocimiento de los beneficios que brindan los microorganismos nativos en la elaboración del Compost, por los agricultores en nuestra región Tacna, no permite el adecuado aprovechamiento de este recurso.

Si bien los distintos sectores productivos de nuestra región son los que sufren la degradación más grave de los suelos, como consecuencia del desequilibrio provocado por el uso excesivo de productos químicos, que también contribuye a la disminución de la producción, la expansión de la población humana y el crecimiento económico en general provocan con frecuencia la degradación del medio ambiente y, por ende, de los recursos naturales. El problema, y no el de elegir entre el desarrollo y el medio ambiente, es el aprovechamiento de los desechos biodegradables que se desperdician en grandes cantidades y tienen un impacto sobre el medio ambiente, así como la búsqueda de formas rentables de restaurar, mantener y proteger los sistemas naturales y producir alimentos limpios y saludables.

El proceso de conversión de residuos orgánicos en compost es un método conocido y sencillo que permite conservar y aprovechar los nutrientes presentes en diversos residuos, a la vez que produce fertilizantes de forma sensata, rentable y segura. Dado que las bacterias nocivas presentes en estos biofertilizantes, como *Rhizoctonia sp.* y *Fusarium sp.*, pueden desplazarse y sobrevivir en el suelo, la aplicación de compost sin tratamiento o con un tratamiento insuficiente supone un riesgo para el medio ambiente y la salud pública.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de los Microorganismos Nativos en la descomposición de la materia orgánica para la producción de Compost?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el tiempo de obtención de compost en el tratamiento de descomposición de la materia orgánica mediante la aplicación de Microorganismos Nativos?
2. ¿Cuánto es la cantidad de peso final del compost mediante la aplicación de Microorganismos Nativos?
3. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de Microorganismos Nativos en la Cantidad de NPK, materia orgánica y pH en el compost?

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Justificación Social

La región Tacna, como la mayoría de las regiones, carece de un manejo efectivo de los microorganismos nativos en la descomposición de la materia orgánica para la producción de compost. Por lo tanto, implementar un buen manejo mejoraría la calidad de vida, la salud, el medio ambiente y la economía. Los mercados locales, nacionales e internacionales demandan productos exportables obtenidos de manera orgánica, dejando rentabilidad a los productores y familiares y creando empleos a nivel de investigación ambiental y agrícola.

1.3.2. Justificación Económica

Una comprensión profunda de cómo se pueden utilizar los microorganismos nativos para descomponer la materia orgánica y producir compost nos ayudará a reducir los desechos orgánicos, que luego pueden usarse como fertilizante natural y tener un impacto social y económico duradero en el crecimiento de la población. El presente estudio de investigación se centra en el aporte que supone brindar un manejo adecuado de la materia orgánica y del estiércol animal como alternativa para generar negocios e

industrialización de este tipo de fertilizantes, creando nuevos hábitos de conservación ambiental y a la vez industrialización doméstica por parte de los productores de la región Tacna. La producción agrícola necesita de fertilización, pero brindarles fertilizantes químicos tendría un mayor impacto en sus tierras por la dependencia que generaría con el medio ambiente, por lo que se pensó que el fertilizante natural era la mejor opción en lugar del compostaje, y los productores se involucrarían en el proceso y producto final.

1.3.3. Justificación Técnica

Hoy en día, el compost es una forma diferente de reducir la contaminación e incluso una forma rentable de reciclar materiales orgánicos. La biotecnología está apoyando esta opción y muchos investigadores la están estudiando.

El avance de la investigación del suelo ha demostrado que varios componentes químicos, hormonas, vitaminas y otros elementos intervienen en el crecimiento de las plantas y que estas no solo sobreviven con nitrógeno, fósforo y potasio. El suelo fértil es un laboratorio complejo donde los organismos vivos realizan sus procesos en lugar de ser un simple soporte físico inerte. Los cuatro elementos que componen los suelos fértiles (sustancias minerales, materia orgánica (que contiene una gran cantidad de seres vivos), aire y agua) están todos íntimamente relacionados entre sí y trabajan juntos para proporcionar las condiciones perfectas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

1.3.4. Importancia de la Investigación

La agricultura orgánica es el único método para mantener el ciclo natural del mundo, por lo que siempre se ha practicado. Este tipo de agricultura brinda a los agricultores locales en sus campos una nueva opción para alimentar y proteger sus cultivos, sin que esto implique un aumento de gastos ni una disminución de los ingresos para los productores. Con el fin de garantizar que cada productor aplique ciertas prácticas agrícolas libres de contaminantes para producir bienes que no dañen su propia salud, la salud de sus familiares, la salud de sus clientes o el medio ambiente, este proyecto de investigación ofrecerá información que pueda aplicarse a cada uno de sus cultivos.

Aunque los microorganismos se alimentan de los materiales que provocan putrefacción, malos olores y enfermedades, su uso como acelerador del proceso de desintegración que ayuda a mejorar los minerales contenidos en los residuos orgánicos no tiene efectos adversos sobre el medio ambiente. A nivel nacional, cada vez se utilizan más microorganismos para descomponer la materia orgánica y producir compost, que luego se utiliza para fertilizar orgánicamente diversos cultivos. Se destaca que los fertilizantes orgánicos son cruciales para los suelos, ya que aportan nitrógeno en una forma que las plantas pueden absorber.

Cabe mencionar que las investigaciones en curso y los procesos naturales de degradación y transformación de la materia orgánica nos han permitido comprender mejor la dinámica, los componentes y los procedimientos involucrados en el compostaje.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Aplicar Microorganismos Nativos para acelerar la descomposición de la materia orgánica en Compost.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el tiempo de obtención de compost mediante la aplicación de Microorganismos Nativos
2. Establecer la cantidad de Peso final del compost mediante la aplicación de Microorganismos Nativos
3. Determinar el efecto de la aplicación de Microorganismos Nativos en la Cantidad de NPK, materia orgánica y pH en el compost.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La aplicación de Microorganismos Nativos tendrá efectos significativos en la descomposición de la materia orgánica para obtención de Compost

1.5.2. *Hipótesis Específicas*

1. El tiempo de obtención de compost está determinada por la aplicación de dosis de Microorganismos Nativos
2. La cantidad de Peso final del compost se determinará significativamente a la aplicación de Microorganismos Nativos
3. La aplicación de Microorganismos Nativos tiene un efecto significativo en la cantidad de NPK, materia orgánica pH en el compost.

1.6. Variables

1.6.1. Identificación de las Variables

VI: Independiente Microorganismos nativos en la materia orgánica

VD: Variable dependiente Compost

1.6.2. Caracterización de las Variables

Microorganismos nativos, descomponen la materia orgánica utilizando una combinación de hongos de fermentación, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras y bacterias fototróficas.

La capa más superficial del suelo está formada por materia orgánica, la cual está formada por restos en descomposición de seres vivos como plantas y animales, así como desechos que aportan a los seres generadores como la vegetación diferentes nutrientes.

Estiércoles Son los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos.

1.6.3. Definición Operacional de las Variables

Operacionalización de variables

Clasificación	Variable	Indicadores	Índices
Variable Independiente	Microorganismos Nativos	Mezcla de Microorganismos Nativos de la zona.	20 L microorganismos nativos activados
Variable Dependiente	Compost	Tiempo transcurrido hasta la cosecha del compost	Días
		Peso final del compost	kg
			%
		Cantidad de NPK, mo, pH	Ppm
			%
			%

Nota: Elaboración propia (2024)

1.7. Limitaciones de la Investigación

Debido a que el trabajo de investigación se realizara en campo, las limitaciones de la investigación fueron determinada por los factores ambientales que no podemos controlar y que afectaron a los resultados de la investigación, sin embargo, es preciso manifestar que estos factores ambientales también afectan a los cultivos de los agricultores y productores del lugar y que los resultados que se reportan son reales provenientes de las evaluaciones programadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Los microorganismos nativos en la efectividad de remoción de materia orgánica del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Calceta, Manabí, fue el título de un estudio realizado en 2017 por Meza y Ramírez. El propósito del estudio fue evaluar qué tan bien un consorcio microbiano formado por *Aspergillus oryzae* y *Bacillus* sp. eliminaba los restos orgánicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Calceta. Utilizando un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones, se evaluaron parámetros como el oxígeno disuelto, el potencial de hidrógeno y la demanda bioquímica de oxígeno. El tratamiento uno, que se administró a una dosis de 5 cm³/dm³, registró una demanda bioquímica de oxígeno final de 37 mg/dm³ y una eficiencia de remoción del 92 %. La eficiencia de remoción fue del 88 % para el tratamiento dos, que tuvo una dosis de 10 cm³/dm³ y una demanda bioquímica final de oxígeno de 57 mg/dm³, y del 86 % para el tratamiento tres, que tuvo una dosis de 15 mj/dm³ y una demanda bioquímica final de oxígeno de 67 mg/dm³. La aplicación de los consorcios microbianos nativos resultó en una alta depuración de materia orgánica (92 %) cuando se utilizaron *Bacillus* sp. y *Aspergillus oryzae* en dosis de 5 cm³.

“Evaluación de microorganismos nativos en el proceso de degradación de materia orgánica en compostaje del relleno sanitario del Gad del Cantón La Joya de los Sachas” (Vega, 2016). Para ello se utilizaron trampas elaboradas con arroz para capturar microorganismos nativos, los cuales fueron colectados nuevamente a los 18 días. Luego se procedió a la identificación de los microorganismos mediante técnicas de cultivo en laboratorio, para lo cual se empleó Agar PDA y Agar Nutriente. Los tratamientos A (X1 EM 1500 ml 16,2x10⁵ UFC) duraron 60 días, B (X2 EM 1000 ml 1,323x10⁵UFC) duró 68 días y C (X3 EM 500 ml 1,005x10⁵ UFC) duró 74 días. El grupo de control aún no

se ha completado, pero el análisis relacionado se completó a partir de ese día. Para acelerar el proceso de compostaje en 60 días, se encontró que el tratamiento A es el más efectivo. Se recomienda que el Departamento de Calidad Ambiental del GADM Joya de los Sachas utilice una concentración de cóctel de $16,2 \times 10^6$ UFC por 20 litros de agua porque el compost se puede producir en esta concentración en 60 días.

Guaman (2015) evaluó la efectividad de microorganismos autóctonos en el tratamiento de fosas sépticas de una granja porcina del cantón Piñas de la provincia de El Oro. Corría el año 2015. Este estudio se desarrolló en el sitio Panupalí, donde se recolectaron las aguas residuales de una granja porcina, y en el sitio de la provincia de El Oro, cantón Piñas, Buenos Aires, donde se capturaron los microorganismos. Las aguas residuales de una granja porcina fueron tratadas con 4 g/L, 8 g/L, 12 g/L y 16 g/L. El primer tratamiento fue el que redujo de manera más significativa la [DQO] de 155 mgO²/L a 109,15 mgO²/L. Esto demuestra que el E.M. es un sustituto viable de los métodos tradicionales de tratamiento de aguas residuales, que con frecuencia son costosos de adoptar. Como resultado, el uso de E.M. puede aumentar la conciencia entre los criadores de cerdos sobre el cuidado y el respeto por el medio ambiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Galecio et al. (2022) investigaron los efectos del compost y los microorganismos naturales a tres diferentes elevaciones sobre el crecimiento de la variedad de quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIA 415. El objetivo del estudio fue descubrir qué tan bien los microorganismos nativos eficientes (MEN) y el compost afectaron el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de la variedad de quinoa INIA 415-Pasankalla a tres elevaciones diferentes: Faical 1935 m, Lagunas Amarillas 2328 m y Cascapampa 2995 m. Los cinco tratamientos que se examinaron fueron T0 (control), T1 (MEN 2,5%), T2 (MEN 5,0%), T3 (MEN 2,5%+0,9 kilogramo compost m⁻¹) y T4 (MEN 5,0%+1,8 kilogramo/ compost/ /m). Se evaluaron las siguientes métricas: AP (altura de planta), RHa (rendimiento/ hectárea), RPa (rendimiento/ planta), PP (peso del panel), PMG (peso de mil granos) y DT (diámetro del tallo). También se examinó la relación costo/beneficio para cada tratamiento. En términos de altitud, los tratamientos T4 y T3 mostraron los mejores resultados: Cascapampa-T4 con G-II y Lagunas Amarillas-T4 con G-I mostraron los

valores de estudio más altos. El más rentable, sin embargo, fue Cascapampa-T2 (b/c= 5,68). Los rendimientos y la rentabilidad de la producción de quinua en relación a la altitud se mejoraron con la combinación de suelos encontrados en T4 e insumos orgánicos generados a partir de materias primas locales y pulverizados en forma foliar.

Efecto de microorganismos comercialmente eficientes y microorganismos nativos de chicha de jora en el proceso de compostaje (Aguilar, 2021). Ayacucho, 2020. En el distrito de Ayacucho se evaluó el uso de inóculos microbianos en el compostaje a pequeña escala de aserrín, hojas secas y residuos orgánicos de viviendas. Se utilizaron tres duplicados de cada tratamiento: microorganismos eficientes (EM) disponibles comercialmente, microorganismos nativos de chicha de jora y un control (sin inóculo). Se registraron la temperatura, el pH y la humedad durante el transcurso del proceso de doce semanas y no se encontraron variaciones estadísticamente significativas. Tomando como referencia la norma mexicana 2, todas ellas serían consideradas mejoradores de suelo (NPK < 7 %). Se realizaron análisis fisicoquímicos a la composta producida al final del proceso, y los resultados indicaron que la relación C/N, pH, humedad, conductividad eléctrica y materia orgánica fueron similares. El contenido de nutrientes fue marginalmente favorable con la aplicación de jora. De acuerdo con la norma chilena 1 y la norma mexicana 2, el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la relación C/N de toda la composta producida también se determinaron como clase A y tipo I, respectivamente. Por último, se utilizó el índice de germinación para evaluar el nivel de fitotoxicidad en la germinación de semillas de *Lactuca sativa* var. espirando. La prueba de Dunnet reveló una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos EM (43,9 %) y jora (66,3 %) ($p < 0,05$).

De la Cruz (2018) investigó cómo diferentes fuentes de microorganismos afectaron el compostaje de desechos de cultivos de maíz con estiércol de ganado en Ayacucho. Evaluó cómo 0,4 L/ m³ de materia inicial, al inicio y al primer volteo, fueron afectados por microorganismos comerciales, EM-1 (T1), microorganismos locales eficientes, extraídos de composteras permanentes (T2), levadura de panadería con melaza (T3) y suero fermentado con melaza (T4), en una proporción de 3L/m³. Aunque las temperaturas máximas variaron entre 49,4 °C y 50,1 °C y fueron comparables entre tratamientos, los tratamientos que utilizaron suero y bacterias locales demostraron un aumento acelerado

de la temperatura y mantuvieron temperaturas por encima de los 45 °C durante aproximadamente 10 días. El suero de leche resultó ser el más eficiente, con días de producción de compost que oscilaron entre 54 y 64 días al inicio del período de maduración. En términos de características químicas, el compost afectado por las diversas fuentes de microorganismos presentó valores más bajos de K₂O (2,63 % - 2,78 %) y CaO (2,39 % - 2,49 %) pero valores más altos de materia orgánica (37,92 % - 40,8 %), nitrógeno (1,57 % - 1,65 %) y P₂O₅ (0,24 % - 0,28 %) que el control.

2.1.3. Antecedentes Locales

Ibarra y Llica (2020) realizaron un estudio titulado “Determinación de la influencia de *Azotobacter* nativo en cultivos de *Raphanus sativus* como biofertilizante en el distrito de Pachia” que incluyó dos fases: una fase de laboratorio y una fase de campo. El estudio tuvo en cuenta el tipo de suelo, así como las condiciones ambientales y climatológicas locales. Durante la fase de campo se llevaron a cabo los siguientes procedimientos: aislamiento, siembra y purificación de cepas nativas de *Azotobacter*; muestreo de suelo; selección de medios de cultivo; y pruebas fisicoquímicas para la identificación, caracterización y uso de cepas de *Azotobacter* apropiadas que se eligieron de acuerdo con su capacidad para promover el crecimiento mediante la producción de Ácido Indol Acético (AIA), germinación, crecimiento y solubilización de fosfato tricálcico de semillas de rábano en MMSN. En comparación con los tratamientos con tres réplicas de cada cepa (Tratamiento 1: Control, Tratamiento 2: Suelo esterilizado, Tratamiento 3: Bioinoculante de 106 UFC/ml, Tratamiento 4: Bioinoculante de 107 UFC/ml, Tratamiento 5: Bioinoculante de 108 UFC/ml, Tratamiento 6: Urea), el 45 % aumentó significativamente la germinación de semillas de rábano en MMSN en comparación con el control. Además, el 100 % de las cepas no produjeron AIA y el 100 % no solubilizaron fosfato tricálcico. evaluando métricas de peso fresco, longitud de planta, longitud de raíz y tiempo de germinación.

104 especies bacterianas diazotróficas propias de la rizosfera del cultivo del olivo en el fundo San Martín de Porres en Tacna, Perú, fueron caracterizadas por Clavijo et al. (2012). Es posible tipificar y evaluar las bacterias en función de su estimulación del crecimiento a través de su producción de Ácido Indol Acético (AIA), crecimiento en

Medio Mineral sin Nitrógeno, solubilidad en fosfatos y germinación de semillas de alfalfa debido a la correlación encontrada entre las colonias bacterianas y la materia orgánica presente en el suelo y sus características. Esto da como resultado un 58,65 % de cepas productoras de AIA, un 25,96 % de fosfato tricálcico solubilizado y un 45,2 % de germinación significativamente incrementada; demostrando un crecimiento máximo de 6×10^8 UFC./ml en la prueba de crecimiento en Medio Mineral sin Nitrógeno en comparación con el control. Se eligieron finalmente veinte cepas, siendo la cepa 11A la que presentó el mayor porcentaje ponderado (69,02 %) para cada uno de los cuatro factores examinados. 11A (AIA 46,47 $\mu\text{g/ml}$), cepa 3A (45,83 % porcentaje de germinación) y cepa 14A (5,84 cm^2 de área de solubilización de fosfato tricálcico).

Con el fin de mejorar los suelos de La Yarada Los Palos, Tacna, Huilahuaña (2023) se evaluó el impacto de la producción de compost a partir de residuos de áreas verdes con y sin la incorporación de microorganismos benéficos. La generación de residuos sólidos es un problema mundial que impacta tanto al medio ambiente como a los habitantes. El compostaje es una tecnología que puede reducir los impactos y, al mismo tiempo, mejorar los suelos y promover el desarrollo sostenible. El objetivo de este estudio es mejorar los suelos de La Yarada, Los Palos de Tacna, mediante la producción de compost a partir de residuos orgánicos de espacios verdes, con y sin la incorporación de microbios benéficos. El compost se elaboró utilizando pasto seco, hojas secas y restos de poda, y una vez activado, se le agregó 5% de EM. El compost se recolectó a los 60 días y se evaluó su calidad mediante el análisis de sus características físicas y químicas. De igual forma, se emplearon tres tratamientos y tres repeticiones en un diseño completamente al azar; se conocieron los parámetros del suelo para el suelo T0 sin compost, el suelo T1 con compost sin EM y el suelo T2 con compost con EM. Los resultados fueron positivos: después de añadir el compost al suelo, la CE bajó a 0,66 dS/m y los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo mejoraron considerablemente. El compost, elaborado a partir de desechos de espacios verdes, mejora eficazmente la conductividad eléctrica del suelo en un 81,50 %.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El suelo y sus Características.

El tipo de material geológico del que está formado el suelo, la cubierta vegetal, el tiempo transcurrido desde que se produjo la erosión, el terreno y los cambios provocados por la actividad humana influyen en la composición química y la estructura física del suelo. Con excepción de los provocados por desastres naturales, los cambios del suelo en la naturaleza ocurren gradualmente (Jaramillo 2002).

Para los ingenieros que construyen caminos, edificios y otras estructuras tanto por encima como por debajo de la superficie terrestre, es esencial tener un conocimiento básico de la textura del suelo. Sin embargo, los agricultores sienten curiosidad por cada una de sus características, ya que producir cultivos de calidad requiere comprender los componentes orgánicos y minerales del suelo, la aireación, la capacidad de retención de agua y muchos otros elementos (Chávez 2012).

Un componente ecológico clave es la humedad del suelo, en particular la porción que los sistemas radiculares de las plantas pueden utilizar y que es esencial para las funciones fisiológicas (Pávez 2004, citado por Mosquera 2017).

La porción químicamente más activa del suelo está formada por moléculas de origen biológico, que se conocen como materia orgánica. La cantidad de materia orgánica en los suelos varía mucho: los suelos de turba tienen un contenido de materia orgánica del 90 al 95% y los suelos desérticos tienen trazas. La cantidad de materia orgánica en el horizonte A de los suelos explotados agrícolaemente suele oscilar entre el 0,1 y el 10%, y la cantidad disminuye a medida que se profundiza en el perfil del suelo (Fassbender 1987 citado por Mosquera 2017).

2.2.2. Microorganismos Nativos

Se trata de un conglomerado de microorganismos que se encuentran presentes en zonas sin intervención humana. Por el contrario, se creó un dispositivo casero de bajo costo y fácil de usar que replica microorganismos naturales del bosque (Figuroa, 2015).

Comúnmente denominados Microorganismos Nativos (MN), estos microorganismos están presentes en la superficie y la capa orgánica de todo el suelo en un ecosistema natural y son beneficiosos para los procesos biológicos de los suelos y los agroecosistemas (Figuroa, 2015).

a. Funciones de los Microorganismos

- Fijan el nitrógeno en el suelo
- Descomponen materiales peligrosos
- Reciclan nutrientes para las plantas
- Compiten con microbios peligrosos
- Descomponen desechos orgánicos
- Crean materiales y componentes naturales que mejoran la textura del suelo.

b. Composición de los Microorganismos Nativos

Tres categorías de microorganismos completamente naturales que se encuentran frecuentemente en los alimentos y los suelos se combinan para formar microorganismos nativos, o MN por sus siglas en inglés.

MN incluye las bacterias del ácido láctico o lactobacillus, son las mismas bacterias que se utilizan para fabricar queso y yogur. Levaduras, como las que se utilizan para hacer vino, cerveza y pan. Las bacterias que son fotosintéticas o fototróficas se encuentran frecuentemente en los suelos y las raíces de las plantas.

Estos microbios son naturales, beneficiosos e increíblemente efectivos; no son tóxicos, peligrosos ni alterados artificialmente (Figuroa, 2015).

c. Funcionamiento de los Microorganismos Nativos (MN)

El MN tiene la capacidad de prevenir y neutralizar los olores desagradables porque contiene bacterias fotosintéticas. El metano, el mercaptano, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y otros compuestos que emiten olores desagradables son convertidos por estas bacterias fotosintéticas en ácidos orgánicos que son seguros para el consumo humano y no emiten olores desagradables.

El MN permite un período de compostaje más corto porque las bacterias del ácido láctico, también conocidas como lactobacilos, crean compuestos que aceleran la descomposición de los materiales orgánicos. Además, estos microbios crean compuestos que ayudan en el manejo de ciertas enfermedades que atacan a las plantas. Por su parte, las levaduras crean compuestos que apoyan el crecimiento y desarrollo de las plantas y funcionan como hormonas naturales.

El MN acelera la descomposición de la materia orgánica al emplear la fermentación en lugar de la putrefacción, ya que prefieren esta última para desarrollarse, por lo que la aplicación de MN reduce la población de moscas. El MN es especialmente adecuado para lugares donde se manipulan alimentos, donde hay niños o personas irresponsables, y ya que es totalmente seguro y no presenta riesgos de intoxicación en comparación con los insecticidas (Figuroa, 2015).

2.2.3. Tipos de Microorganismos Presentes

2.2.3.1. Bacterias Foto Tróficas

Son bacterias autótrofas que utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía para crear compuestos beneficiosos a partir de restos orgánicos, gases peligrosos y secreciones de las raíces. Entre los materiales producidos que sustentan el crecimiento y el desarrollo de las plantas se encuentran los aminoácidos, los ácidos nucleicos, los compuestos bioactivos y los azúcares. Absorben directamente los metabolitos, que sirven como sustrato para aumentar la cantidad de otros microbios productivos (Mau, 2006).

2.2.3.2. Bacterias Ácido Lácticas

El ácido láctico es producido por estas bacterias a partir de azúcares y otros carbohidratos producidos por levaduras y bacterias fototróficas. El ácido láctico es un fuerte esterilizante que inhibe los microbios dañinos y acelera la descomposición de los materiales orgánicos. Sin perjudicar el proceso, las bacterias del ácido láctico promueven la fragmentación de componentes de la materia orgánica como la celulosa y la lignina, modificándolos (Mau, 2006).

2.2.3.3. Levaduras

Estos microbios utilizan los aminoácidos y carbohidratos liberados por las bacterias fototróficas, los materiales orgánicos y las raíces de las plantas para crear compuestos antimicrobianos que son beneficiosos para el crecimiento de las plantas. Las levaduras crean sustancias químicas bioactivas que estimulan la división celular activa, incluidas hormonas y enzimas. Según Mau (2006), sus secreciones sirven como sustratos beneficiosos para microorganismos eficaces, incluidos los actinomicetos y las bacterias del ácido láctico.

2.2.4. Efecto de los Microorganismos

Al restaurar el equilibrio microbiológico del suelo como inóculo microbiano, los microorganismos mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo, aumentando el rendimiento y la protección de los cultivos. Ayudan a ahorrar recursos naturales, lo que da como resultado una agricultura sostenible (Mau, 2006).

2.2.4.1. En las Plantas

Debido a que pueden hacer que los cultivos desarrollen una resistencia sistémica a las enfermedades, crean un método para suprimir insectos y enfermedades en las plantas. Al consumir los exudados de las raíces, hojas, flores y frutos, detienen el desarrollo de enfermedades y la propagación de organismos patógenos. Aumentan la productividad, la calidad y el crecimiento agrícola. Debido a sus efectos hormonales en las zonas meristemáticas, estimulan la floración, la fructificación y la maduración. A través del aumento del crecimiento de las hojas, estimulan la capacidad fotosintética (Mau, 2006).

2.2.4.2. En el Suelo

La mejora de las propiedades físicas y biológicas, así como la prevención de enfermedades, son el contexto en el que se enmarcan los impactos de los microorganismos en el suelo. Por ello, podemos enumerar como algunos de sus efectos los siguientes: mejora las condiciones físicas del suelo al aumentar el número de espacios porosos, mejorar la infiltración de agua, reducir la compactación y mejorar la estructura

y agregación de las partículas del suelo. Esto disminuye la frecuencia de riego, permitiendo que el suelo absorba 24 veces más lluvia y evitando la erosión por arrastre de partículas. Entre sus efectos sobre la microbiología del suelo se encuentran la supresión o control de poblaciones de microbios nocivos que surgen en el suelo como resultado de la competencia. Al aumentar la riqueza microbiana, crea el ambiente ideal para el crecimiento de microorganismos ventajosos (Ochse et al., 1974).

2.2.4.3. Efectos en las Condiciones Químicas del Suelo.

Cumpliendo un rol importante en la disolución de nutrientes, lo que mejora la calidad del suelo. Los MN descomponen las moléculas que los mantienen unidos, lo que permite que los elementos se transformen en complejos de mayor afinidad, lo que facilita su absorción por las raíces de las plantas (Biasney et al., 2006).

2.2.4.4. Efectos en la Microbiología del Suelo.

La principal función que cumple es controlar el número de microorganismos patógenos que proliferan en el medio (suelo – planta) e incrementar la variedad biológica de microorganismos creando un medio que tiene las condiciones necesarias para la reproducción de los EM (Biasney et al., 2006).

2.2.4.5. Microorganismos Eficientes Nativos o de montaña.

Está conformado por un grupo de hongos y bacterias que actúan de manera sinérgica en conjunto, estos son ampliamente diversos y se capturan a partir del mismo medio (suelo). Los microorganismos de montaña acatan la función de transformar la materia orgánica haciendo que los nutrientes del suelo se encuentren en mayor disponibilidad para las plantas (Chappa y Ávila, 2014)

2.2.5. Bacterias Fijadoras de Nitrógeno de vida Libre.

Los microorganismos fijadores de nitrógeno incluyen dos variedades: bacterias fijadoras de nitrógeno simbióticas, que capturan el nitrógeno conjuntamente con las plantas, y bacterias fijadoras de nitrógeno no simbióticas o de vida libre, que sintetizan compuestos de nitrógeno al ambiente (Hernández, 1998).

Bacterias que actúan de manera eficiente en la fijación a simbióticas de nitrógeno son las del género *Klebsiella* sp, *Azospirillum* sp, *Pseudomonas* sp, *Azotobacter* sp y *Enterobacter* sp, siendo altamente beneficiosas ambiental y económicamente para los agricultores por su fácil captación y sinterización (Martínez, 1999).

2.2.6. Microorganismos Solubilizadores de Fosfato (MSF).

Los MSF participan activamente en la disolución de fosfatos inorgánicos. La actividad se dio a conocer alrededor del año 1903, siendo ampliamente investigado desde entonces. Los MSF están presentes en todos los países y el número varía de un lugar a otro; concentraciones más altas y potentes de MSF se encuentran en la rizosfera, mientras que en el suelo no rizosférico ocurre lo inverso. (Rodríguez et al., 2019).

2.2.7. Los Abonos Orgánicos.

La capacidad del suelo para regenerarse, si se utiliza adecuadamente, se atribuye a la materia orgánica y a los microorganismos aeróbicos que ayudan a descomponer los residuos orgánicos. Estos microorganismos se emplean en la agricultura porque mejoran las características físico-químicas de los suelos y potencian la microflora bacteriana. Balarezo (2001).

2.2.8. Compostaje

El compostaje es definido por la Norma Chilena 28801 como el proceso físico, químico y microbiológico de transformación de materia orgánica en compost en condiciones aeróbicas. La norma también enfatiza que el objetivo de este proceso es mantener la actividad de las comunidades microbianas aeróbicas a temperaturas mesófilas y termófilas para obtener un producto final pasteurizado. El MINAM define el compostaje como el proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre materia rápidamente biodegradable.

2.2.9. Fases del Compostaje

Fase de Mesofilia. Tras iniciar el proceso de compostaje a temperatura ambiente, la temperatura del material de partida se eleva hasta los 45°C en cuestión de días o incluso horas. La actividad microbiana es la causa de este aumento de temperatura, ya que durante

esta fase las bacterias consumen fuentes básicas de carbono y nitrógeno para producir calor. El pH puede descender hasta alrededor de 4,0 o 4,5 como resultado de los ácidos orgánicos producidos durante la descomposición de sustancias solubles como los carbohidratos. La duración de esta fase es de unos pocos días, que van desde dos a ocho días.

Fase higienizante o termófila. Los microorganismos que se desarrollan a temperatura media (mesófilos) son reemplazados por bacterias que crecen a temperaturas más altas (termófilas) cuando el material alcanza temperaturas superiores a los 45 °C. Estas últimas actúan ayudando a descomponer fuentes de carbono más complejas, como la celulosa y la lignina. Estos microbios funcionan convirtiendo el nitrógeno en amoníaco, lo que eleva el pH del medio. Las bacterias productoras de esporas y las actinobacterias, que descomponen ceras, hemicelulosas y otros compuestos complejos de C, son especialmente visibles a temperaturas superiores a los 60 °C. Dependiendo del material de partida, las condiciones del lugar y del clima, y otras variables, esta fase puede durar desde unos días hasta muchos meses. Debido a que el calor producido elimina bacterias y contaminantes fecales, como *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*, esta fase también se conoce como fase de saneamiento. Esta etapa es crucial porque los quistes y huevos de helmintos se destruyen a temperaturas superiores a los 55 °C.

Fase de enfriamiento. La temperatura desciende hasta los 40-45 °C una vez que se han agotado las fuentes de carbono, en particular el nitrógeno del material de compostaje. La descomposición de polímeros como la celulosa continúa durante esta fase y aparecen ciertos hongos visibles a simple vista. Los organismos mesófilos reanudan su actividad cuando la temperatura desciende por debajo de los 40 °C y el pH del medio disminuye gradualmente, pero generalmente se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento, que dura unas pocas semanas, a veces se confunde con la fase de maduración.

Fase de maduración. En esta fase, que dura meses a temperatura ambiente, es cuando se forman los ácidos húmicos y fúlvicos mediante procesos de condensación secundaria y polimerización de las moléculas de carbono.

2.3. Definición de términos

Microorganismos Nativos

Se trata de microorganismos que se encuentran de forma natural y que resultan beneficiosos para diversos procesos naturales. Entre ellos se encuentran los compostadores, los lombricompostadores, las zonas boscosas, los restos vegetales en descomposición, las bebidas fermentadas, etc. En determinadas investigaciones se los denomina microorganismos locales.

Inoculante

Es un concentrado de microorganismos que al añadirse a la mezcla de residuos orgánicos acelera el proceso de compostaje. Adicionalmente, un compost inmaduro puede servir como inóculo.

Qoncho Borra.

Es un concentrado granulado que ayuda a elaborar la chicha de jora manteniendo la actividad de los fermentos. La adición continua de maíz cocido y triturado lo mantiene "vivo".

Compostaje

Es un proceso biológico que se lleva a cabo en un ambiente aeróbico con temperatura suficiente para garantizar la conversión sanitaria de los residuos orgánicos en compost.

Residuos orgánicos

Se denomina residuo orgánico a la basura biodegradable o propensa a la descomposición.

Compost

Es el resultado final del proceso de compostaje. La sustancia es uniforme y es absorbida por las plantas.

Rendimiento

Es un porcentaje que representa la cantidad de materia orgánica convertida en compost.

Fitotoxicidad

Grado de daño o inhibición en el crecimiento de las plantas por sustancias tóxicas. El compost inmaduro contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos, amonio y otros que resultan tóxicos para las semillas y plantas

Color del suelo.

Siendo una propiedad que indica visiblemente otras características del suelo, es por ello que el color en el suelo ayuda a identificar su composición y/o la presencia de ciertos compuestos (Gyaneshwar et al., 2002).

Propiedades químicas del suelo.

Hace referencia a la constitución de compuestos químicos en las propiedades del suelo, así como aquellas reacciones químicas que se presentarían por naturaleza (INTA/FAO, 2001).

pH del suelo.

El pH presenta un rango que va en una escala de 1 a 14. El suelo más adecuado para la agricultura está entre 5,5 y 6,5, en cuanto a bosques se puede utilizar un rango de pH entre 3 a 8, pero también ocurre que algunas plantas no toleran la sal o ambientes de pH alto por encima de 8, como los cítricos; sin embargo, otras plantas como las palmas o los cocos son indulgentes. (Hossain et al., 2005).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Es una propiedad importante ya que hace referencia a la acción de retención y suministro de nutrientes con carga positiva (cationes). En el suelo, la arcilla y la materia orgánica actúan como intercambiadores (Navarro, 2003).

Conductividad eléctrica.

Se mide a través de una suspensión suelo - agua la cual indica la cantidad de sal presente en el suelo. Cabe resaltar que todo suelo contiene una baja concentración de sales ya que es vital para el desarrollo de las plantas; sin embargo, una elevada concentración tiene efectos negativos en el equilibrio del suelo pudiendo hasta inhibir el crecimiento de las raíces (Moreno, 2016).

Nitrógeno disponible en el suelo (N).

La disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo es directamente proporcional al contenido de MO. De tal manera, deficiencias de N se encuentran generalmente en suelos que sufren degradación por factores de manejo inadecuados y mínima disponibilidad de MO (INTA/ FAO, 2001).

Fósforo disponible.

El suelo está compuesto por pequeñas a moderadas cantidades de fósforo disponible. De tal manera, una opción altamente practicada es la fertilización con fosfato ya que investigaciones comprueban que la aplicación de fertilizantes de fósforo no afecta a los cultivos como por ejemplo al algodón, maíz, tomate, repollo en suelos con niveles de fósforo disponible superiores a 10 ppm de fósforo (Hao et al., 2003).

Potasio disponible.

El potasio (K) es un elemento nutriente de suma relevancia para las plantas. En el suelo la concentración de K es variada, según la FAO (1996) una disponibilidad mayor de 1,5 meq/100 g ocasiona un desbalance en la fertilización y nutrientes ya que puede conducir a la deficiencia de otros elementos como el magnesio

Propiedades biológicas del suelo.

En la mineralización se destaca la participación de los microorganismos del suelo debido a su rol de acción con distintos procesos que ayudan en la degradación de la MO, eficiencia del ciclo de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, formación de agregados y almacenamiento de P, S y N, todo esto en función a una contribución positiva en las propiedades del suelo (Torres y Lizarazo, 2006).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización o Tipo del Diseño de Investigación

3.1.1. Enfoque

La investigación se enmarca dentro del **enfoque cuantitativo-experimental**, ya que se manipularán deliberadamente las variables (aplicación de microorganismos nativos) para observar y medir sus efectos sobre la descomposición de residuos orgánicos. Este enfoque permite establecer relaciones de causalidad entre las variables y contrastar hipótesis de manera controlada (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

3.1.2. Nivel

El nivel de la investigación es **explicativo**, dado que se busca determinar el efecto de la aplicación de microorganismos nativos sobre la aceleración de la descomposición de residuos orgánicos. Se pretende ir más allá de la descripción de fenómenos y establecer relaciones de causa-efecto (Sampieri, 2018).

3.1.3. Diseño Experimental

El diseño de investigación es experimental, se utilizó el diseño completamente aleatorizado (DCA). Este diseño es apropiado para comparar la eficacia de diferentes tratamientos (aplicación de microorganismos) sobre una variable de respuesta (Días de obtención y peso de compost) con tres tratamientos en 4 repeticiones totalizando 12 unidades experimentales. La asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales (pilas de compost) asegura que no haya sesgos sistemáticos y permite atribuir las diferencias observadas en la variable de respuesta a los tratamientos (Montgomery, 2017).

3.1.3.1. Descripción del Diseño Completamente al Azar

Los Tratamientos en estudio se describen a continuación:

3.1.3.1.1. Tratamiento 1: Aplicación de microorganismos nativos activados 1L/Mochila 20 L.

3.1.3.1.2. Tratamiento 2: Aplicación de microorganismos nativos activados 2L/Mochila 20 L.

3.1.3.1.3. Testigo: Sin aplicación de microorganismos.

Procedimiento

- a. **Preparación del compost:** Se prepararán 12 pilas de compost con residuos de materia orgánica de cultivos.
- b. **Asignación aleatoria:** Se asignarán aleatoriamente los tratamientos a las 12 unidades experimentales.
- c. **Aplicación de tratamientos:** Se aplicarán los tratamientos correspondientes a cada unidad experimental.
- d. **Monitoreo:** Se monitoreará la descomposición de los residuos orgánicos a lo largo del tiempo, midiendo variables días a la obtención de compost, peso del compost y análisis del compost.
- e. **Análisis de datos:** Se analizarán los datos obtenidos para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la tasa de descomposición de los residuos orgánicos

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

Según López, (2004) la población es la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia. Mientras que la muestra es la parte de esa población que se selecciona

y sobre la cual se efectúa la medición y observación de las variables. La población estaba formada por microorganismos nativos recolectados en regiones desérticas.

3.2.2. Muestra

De igual manera, López (2004) también expresa que la muestra es el subconjunto, parte de población, seleccionados por métodos diversos, pero siempre teniendo en cuenta la representatividad del universo

Para nuestro estudio la muestra estuvo compuesta por 2 kilogramos de compost por cada tratamiento que se obtuvo al final del estudio.

3.3. Ámbito de Estudio

A una altura de 508 metros sobre el nivel del mar, a 17° 54' 38" de latitud sur y 70° 14' 22" de latitud oeste, este estudio se realizó en el Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones" de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la "Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann" en Tacna.

3.4. Acciones y actividades para la ejecución del proyecto

3.4.1. Acciones

En el campo, el enfoque fue completamente experimental. En este estudio se examinó un tipo de Microorganismo Nativo (Madre) y dos dosis de Microorganismos Nativos (Activados) utilizando una asociación de factores.

Preparación del sitio para la compostera. Después de elegir un lugar seco y estable, se sacaron los troncos y las piedras. La parcela designada se niveló con azadas y un rastrillo, se clavaron dos palos de 2 metros en varios lugares y luego se colocó un palo, un total de 12, por cada metro cuadrado de pila de compost. Esta se ubicó en una sección de la Granja Los Pichones de la Facultad de Agronomía de la UNJBG.

Selección de material para el compost. Cada montón contenía 165 kilogramos de estiércol de gallinaza y 50 kilogramos de residuos vegetales (rastros de cosecha), que cubrían 1 m² de la superficie de la unidad experimental.

Figura 1

Materia orgánica estiércol de gallinaza

**Figura 2**

Materia orgánica rastrojos de cultivos



Construcción de la pila de compostaje. Los materiales orgánicos utilizados fueron rastrojos de cultivo de tomate, se trituraron manualmente con la ayuda de un machete y la incorporación de estiércol que se fueron armando en pisos y depositaron en las camas formando una pila por cada tratamiento. Cada pila fue de una dimensión de 1m^2 de capacidad con una altura de 1,20 m, y 1,00 de ancho separados por caminos de 1,0 m. al aire libre.

Figura 3

Pilas de compostaje



3.4.2. Captura de los Microorganismos Nativos

Captura de Microorganismos Nativos. En un envase de 500 g se colocaron 50 g de arroz cocinado sin sal, se tapó la boca con un retazo de tela blanca asegurando bien con liga (Recomendada para preparar de 20 a 50 trampa a fin de asegurar una elevada diversidad microbiológica). Luego de enterrar cada recipiente con su borde a 7,0 cm de profundidad, se colocó sobre la tela que cubría la boca los restos orgánicos de la región circundante que contenían desechos vegetales en descomposición y se utilizaron palitos pintados de blanco para identificar la ubicación.

El arroz que estaba impregnado con microorganismos nativos fue retirado de las trampas después de transcurrida una semana. El contenido de todas las trampas se mezcló en una mesa y los microorganismos se categorizaron por color para determinar si eran antagónicos o dañinos.

Posteriormente se seleccionó las trampas con mayor contenido de microorganismo antagónicos, el cual se diferenció por los colores verde, blanco y amarillo, para obtener la solución madre de microorganismos se licuo la mezclas de las trampas seleccionadas con microorganismos antagónicos con agua (bacterias foto tróficas, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras). Todo esto nos llevó al final la obtención de microorganismo nativo madres.

En un tanque plástico se aplicó el licuado del arroz de las trampas la misma cantidad que salga se combinó con leche y melaza también se combinó con 125 g levadura de pan.

Posteriormente en otro tanque por cada litro de microorganismo nativo madre se aplicó 18 litros de agua más 1 kg de melaza los cuales se combinaron y se dejaron en reposo por una semana obteniendo al final 20 litros de microorganismo activados.

Figura 4

Captura de Microorganismos Nativos



Figura 5*Preparación de Microorganismos Nativos Madre*

Aplicación de Microorganismos Nativos Activados (MN) Utilizando una mochila manual y un balde, se inició el ensayo con la aplicación de microorganismos nativos activados (bacterias fototróficas, bacterias lácticas, hongos y levaduras, entre otros) en las dosis sugeridas, en los tratamientos. Este proceso cubrió toda la pila de compost con solución.

Figura 6

Microorganismo Nativos (MN) – compost

**Figura 7**

Inoculación de Microorganismos Nativos Activados a la pila de compostaje



Riego. Los riegos se realizaron con la ayuda de una manguera semanalmente, a razón de 200 L. por riego, manteniendo la capacidad de campo.

Figura 8*Riego de pilas de compostaje*

Volteo Cada semana después de la aplicación de los productos, se realizó el volteo con ayuda de una pala para ayudar a oxigenar la materia orgánica y permitir que los microorganismos naturales trabajaran eficientemente para acelerar el proceso de descomposición.

Figura 9*Volteo de pilas de compostaje*

Formación de colonias de actinomicetos Los actinomicetos son los microorganismos que más contribuyen a la descomposición de la materia orgánica debido

a su capacidad para descomponer productos de desecho vegetales y animales como celulosa, quitina y pectina, así como ocasionalmente debido a su resistencia al calor.

Figura 10

Degradación de la materia orgánica y formación de colonias de actinomicetos



Cosecha La cosecha del compost se realizó cuando el material vegetal presente una coloración oscura aproximadamente en 2 meses con la aplicación de microorganismos nativos.

Figura 11

Cosecha de compost



Obtención de muestras de compost para análisis

Al finalizar la prueba, se tomaron cuatro submuestras de aproximadamente 1 kg de cada compostador, cubriendo toda la pila. Se creó una muestra de 4 kg para cada terapia combinando las submuestras y se llevó al laboratorio para su análisis.

Figura 12

Tratamientos cosechados

**3.4.3. Técnicas y/o Instrumentos****a. Días a la obtención del compost**

Se calculó cuántos días transcurrieron entre la colocación del ensayo y la creación del compost.

b. Peso del compost

Al finalizar el experimento se pesó el compost producido por el tratamiento y la diferencia de peso entre los materiales utilizados al inicio del ensayo.

Figura 13

Pesado del compost

**c. Contenido nutricional**

Para determinar el contenido nutricional al finalizar el ensayo se tomó una muestra de dos kilogramos que fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Jorge Basadre Grohmann, donde se determinó el pH, P (ppm), K (%), contenido de N total (%) y materia orgánica (%).

3.5. Materiales y/o Instrumentos

Para la ejecución de la investigación se utilizó

Materiales y equipos de oficina:

- Computadora e Impresora
- Materia orgánica
- Imágenes satelitales
- Software estadístico de ecología
- Papel A1
- Lapiceros
- Plumones

Materiales y Equipos de Campo:

- Libreta de campo
- Lápiz, lapiceros
- Plumón indeleble
- Guantes, barbijo.
- Botas
- Bolsas plásticas rotuladas para el compost
- Bolsas de papel
- Cinta métrica
- Wincha
- Malla rachel
- Señales (tratamientos de Lactuca sativa)
- Neveras portátiles.
- Estacas de madera
- Rafia

Herramientas

- Pico
- Palas
- Carretillas
- Trinche
- Regadera
- Zaranda de 1,6 cm de diámetro
- Machete
- Manguera de 50 metros con diámetro de 1/8 pulgadas.

3.6. Tratamiento de Datos

Los datos fueron analizados mediante la técnica de análisis de varianza (ANOVA) utilizando la tabla de F al 0,05 y 0,01 para evaluar diferencias significativas entre los tratamientos, y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad. (Calzada, 1970)

Adicionalmente, para determinar la intensidad y dirección de la relación entre las variables, se aplicó un análisis de regresión lineal, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (R) para medir la fuerza de la asociación y el coeficiente de determinación (R^2) para cuantificar la proporción de la variabilidad explicada por el modelo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Días a la obtención del compost.

Tabla 2

Análisis de varianza de días a la obtención del compost

Fuentes de variabilidad	G.L.	SC	CM	FC	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	420,666	210,333	210,33	4,26	8,02 **
Error	9	9,000	1,0000			
Total	11	429,666				

CV. 2.091% **** Altamente significativo**

El análisis de varianza (ANOVA) para el número de días requeridos en la obtención del compost mostró una alta significación estadística entre los tratamientos, lo que indica diferencias relevantes en el tiempo de compostaje según el tratamiento aplicado. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 2,091 %, considerado aceptable dentro de las condiciones del ensayo, lo que respalda la precisión de los datos obtenidos. Para identificar diferencias específicas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de significación de Tukey, permitiendo establecer comparaciones precisas entre los promedios y determinar cuáles tratamientos influyeron significativamente en la reducción del tiempo de compostaje.

Tabla 3*Prueba de Tukey días a la obtención del compost*

Tratamientos	Promedio	Significación
T ₀ : Testigo	55,00	a
T ₁ : 1 L. MN Activado/Mochila 20 L	48,00	b
T ₂ : 2 L. MN Activado/Mochila 20 L	41,00	c

Según la prueba de Tukey, el tiempo requerido para la obtención del compost varió significativamente entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T₀ registró el mayor tiempo promedio con 55 días, mientras que los tratamientos T₁ y T₂ mostraron tiempos menores, con promedios de 48 y 41 días, respectivamente. Estos resultados indican que los tratamientos T₁ y T₂ aceleraron el proceso de compostaje en comparación con T₀, lo que podría sugerir una mayor eficiencia en la descomposición de la materia orgánica bajo dichas condiciones.

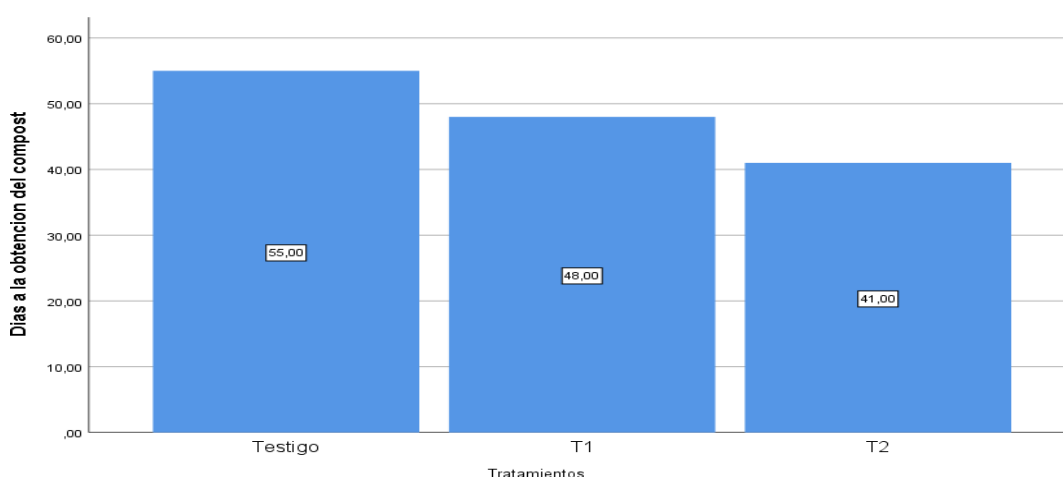
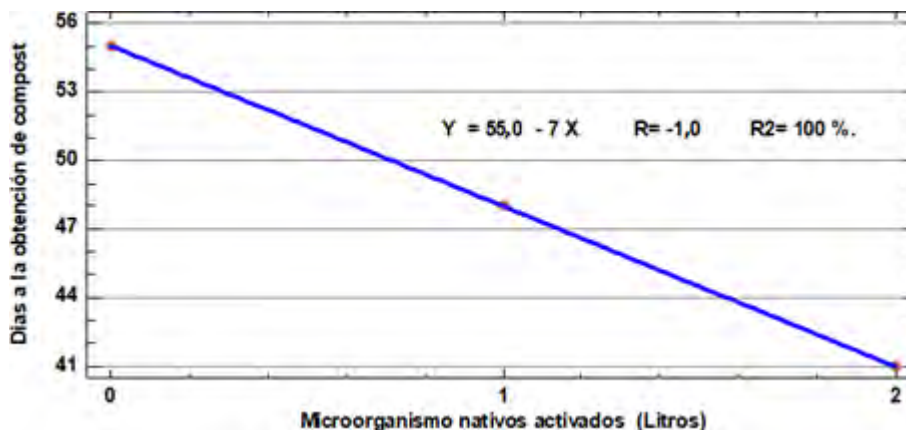
Figura 14*Número de días a la obtención de compost*

Figura 15

Función lineal de número de días a la obtención de compost



La Figura 15, que representa la función lineal del tiempo de obtención del compost en relación con la dosis de microorganismos nativos, muestra una tendencia decreciente en los días requeridos a medida que se incrementa la dosis de estos microorganismos. Además, se observa una correlación negativa perfecta ($R = -1,0$), lo que indica una relación inversamente proporcional entre ambas variables. El coeficiente de determinación ($R^2 = 1,0$) confirma que el 100 % de la variabilidad en el tiempo de compostaje está explicada por la dosis de microorganismos nativos activos, evidenciando su influencia determinante en la aceleración del proceso de descomposición de la materia orgánica.

4.2. Peso del compost (kg)

Tabla 4

Análisis de varianza de peso de compost (kg)

Fuentes de variabilidad	G.L.	SC	CM	FC	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	2486,156	1243,078	67,093	4,26	8,02 **
Error	9	166,750	18,528			
Total	11	2652,906				
CV. 2,779%		** Altamente significativo				

El análisis de varianza para el peso de compost señala que se halló alta significación estadística entre los tratamientos con un nivel de confianza del 99 % de confiabilidad con un coeficiente de variabilidad de 2,779 % aceptable para las condiciones del ensayo. Para determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó la prueba de significación de Tukey

Tabla 5

Prueba de significación de Tukey de peso de compost

Tratamientos	Promedio	Significación 0,05
T ₀ : Testigo	172,75	a
T ₁ : 1 L. MN Activado/Mochila 20 L	154,50	b
T ₂ : 2 L. MN Activado/Mochila 20 L	137,50	c

La prueba de Tukey de peso de compost señala que el tratamiento T₀ obtuvo el mayor promedio con 172,75 kg seguidos de los tratamientos T₁ y T₂ obtuvieron con promedios de 154,50 y 137,50 kg respectivamente.

Figura 16

Peso del compost

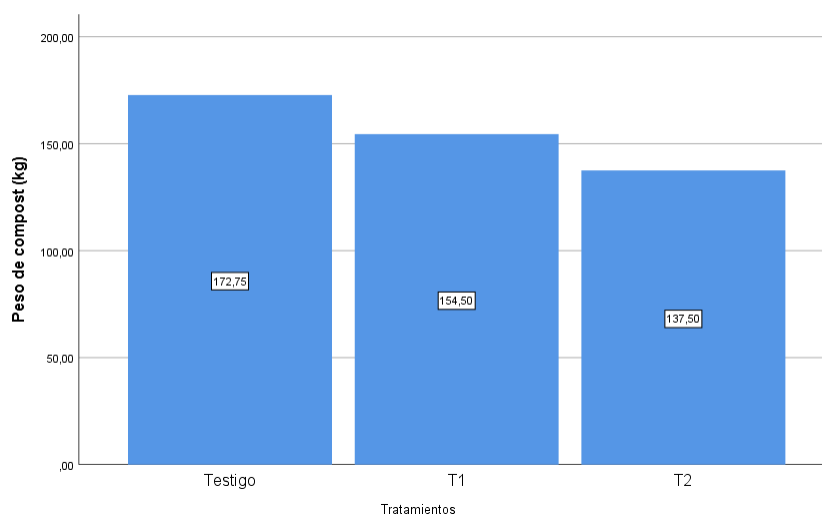
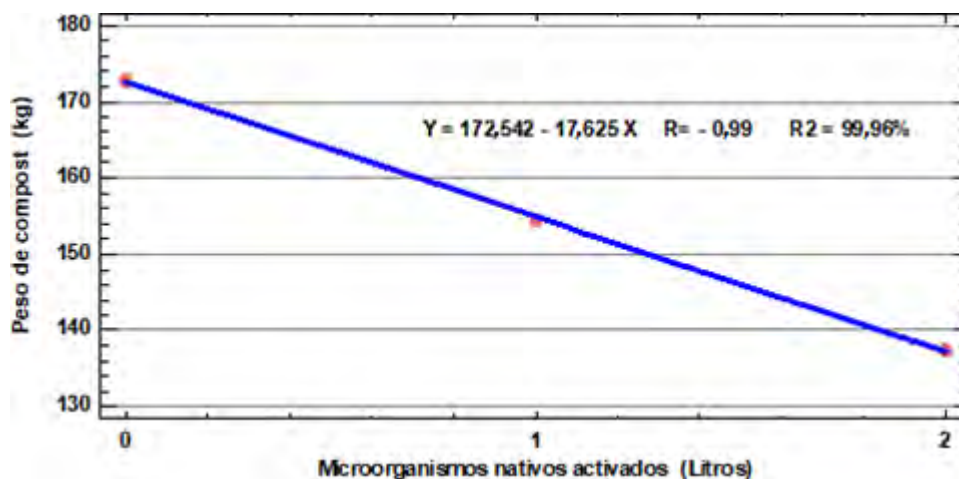


Figura 17

Función lineal peso de compost (kg)



La Figura 16, que representa la función lineal del peso del compost en relación con la dosis de microorganismos nativos, evidencia una disminución en el peso del compost a medida que aumenta la dosis de estos microorganismos. Además, se observa una correlación negativa casi perfecta ($R = -0,99$), lo que indica una fuerte relación inversa entre ambas variables. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9996$) confirma que el 99,96 % de la variabilidad en el peso del compost es explicada por la dosis de microorganismos nativos activos, lo que sugiere que su aplicación influye significativamente en la reducción de la masa final del compost, posiblemente debido a una mayor eficiencia en la descomposición de la materia orgánica.

4.3. Análisis físico químico del compost

Tabla 6

Análisis del compost

Parámetros	T ₀ :	T ₁ :	T ₂ :
	Testigo	1 L. MN Activado/Mochila 20 L	2 L. MN Activado/Mochila 20 L
pH	7,80	7,98	8,01
C.E. ms/cm	30,86	22,76	27,61
M.O. %	1,28	1,59	1,52
N %	1,23	1,20	1,52
P ppm	6,373	5,597	4,888
K %	1,10	0,80	0,96
Calcio Meq/100 g	11,97	8,97	12,97
Magnesio Meq/100 g	2,41	1,93	2,97
Sodio Meq/100 g	6,07	4,34	6,01

Nota. Laboratorio central de análisis Facultad de Ciencias Agropecuarias- UNJBG (2025)

La Tabla 6 presenta el análisis fisicoquímico del suelo, evidenciando diferencias en los parámetros evaluados entre los tratamientos. En cuanto al pH, el tratamiento T1 registró el mayor promedio (8,01), seguido de T2 (7,98), mientras que el menor valor se observó en T0 (7,80). Respecto a la conductividad eléctrica, T0 mostró el valor más alto (30,96), seguido de T2 (27,61), mientras que T1 presentó el menor promedio (22,76).

El contenido de materia orgánica fue más alto en T1 (1,59 %), seguido de T2 (1,52 %), y el menor porcentaje correspondió a T0 (1,28 %). En cuanto al nitrógeno, T2 presentó el mayor contenido (1,52 %), seguido de T0 (1,23 %), mientras que el menor

valor se registró en T1 (1,20 %). Por otro lado, el fósforo alcanzó su mayor concentración en T0 (6,373 ppm), seguido de T1 (5,597 ppm), con el menor valor en T2 (4,888 ppm). Finalmente, el potasio presentó su mayor concentración en T0 (1,10), seguido de T2 (0,96), mientras que T1 mostró el menor promedio (0,80). Estos resultados sugieren que los tratamientos influyeron de manera diferenciada en las propiedades químicas del suelo, lo que podría impactar su fertilidad y disponibilidad de nutrientes.

DISCUSIÓN

Se evidencio que los tratamientos T1 y T2 mostraron menores tiempo de aceleración de la desocupación de la materia orgánica en relación al testigo de 48 y 41 días, Tal como menciona Aprolab, (2007) los microorganismos al ser inoculados en la elaboración de compost disminuyen en el tiempo de obtención con mejor característica nutricional y contenido de microorganismos benéficos. En la elaboración de compost con la aplicación de dosis de microorganismos en la técnica de compostaje en base a rastros de cosecha y estiércol, por parte Torres (2017) indica que la frecuencia de volteos de 8 y 16 días influye significativamente en la descomposición del compost con menor tiempo de 46,17 y 48, 33 días similares a los obtenidos en la presente investigación

Ansorena (2014) afirma que “la capacidad o aptitud del compost para cubrir las necesidades de las plantas, con el menor impacto ambiental y sin amenaza para la salud pública” es una buena forma de describir la calidad del compost. Del mismo modo, hay que tener en cuenta que para producir compost se deben satisfacer las cualidades que resultan de utilizar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente, en línea con una estrategia de gestión sensata de residuos, y con el objetivo de producir un producto que pueda ser utilizado como sustrato o en el suelo.

Además, el tipo de material compostado, la evolución del proceso de compostaje, el origen del material, el tipo de recogida, si se realiza o no una selección adicional en planta y el tratamiento de los residuos (tecnología, equipos, funcionamiento, organización y seguridad en el trabajo) inciden en el compost producido, tal y como afirma Soliva (2014).

Las figura 15 y 16, ilustra la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus los días de obtención y peso del compost en donde la tendencia

lineal negativa de la recta, muestra que los tratamientos con la aplicación fue significativamente menor días obtención en la degradación para la obtención de compost, conforme se incrementaron las dosis de aplicación de microorganismos, obteniéndose los mejores resultados por lo que se evidencio que la cantidad de compost disminuyo debido a que se formaron bastantes colonias actinomicetos cuya función principal es de desintegrar la materia orgánica. Los tipos de compost que se pueden producir dependen de los diversos materiales que se pueden compostar. Esta variabilidad hace que sea más difícil establecer métodos para evaluar la calidad del compost. El compost se puede utilizar para diversos fines y las especificaciones para cada uso varían. Es fundamental tener en cuenta lo que dijo Barrera (2006), que es la importancia de determinar las cualidades que son más importantes para evaluar cuando se produce un producto para un uso particular.

Maldonado (2020) realizó una tesis sobre la aplicación de microorganismos naturales y comerciales eficientes para elaborar compost al aire libre. En su tratamiento (T2) utilizó residuos orgánicos y microorganismos comerciales eficientes, y los resultados de su análisis fueron 0,3260% de nitrógeno total, 0,0382% de fósforo (P₂O₅) y 0,4337% de potasio (K₂O) inferiores a los análisis obtenidos en la presente investigación. Además, utilizó un periodo de maduración del compost de 28 días, que varía significativamente con el número de días de investigación, Sin embargo, para la producción de compost mejorado (P) se utilizaron los siguientes microorganismos eficientes y residuos orgánicos: potasio (K₂O) 0,52%, fósforo (P₂O₅) 2,52% y nitrógeno total 2,50%. Además, se empleó un tiempo de 94 días, que es estadísticamente diferente a los resultados obtenidos en la presente investigación. Los valores en ambos casos se encuentran dentro del rango permitido por las normas de calidad del compost o abono orgánico. Una investigación similar fue realizada por Pillco (2020) sobre el proceso de compostaje utilizando residuos orgánicos y microorganismos eficaces. En su tratamiento (T3), combinó 40% de residuos orgánicos domésticos, 30% de estiércol de oveja, 30% de tallos de cañihua y 200 ml de EM. Obtuvo un pH de 7,6, una temperatura promedio de 25,78 °C y un período de descomposición de 75 días. En cambio, el pH en el presente estudio resultó ser alcalino y mostró un mayor tiempo para su descomposición.

Por su parte, Castillo (2019) elaboró compost a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficientes (ME). Para su tratamiento (T2) combinó desechos de mercado, residuos de cosecha, estiércol de oveja, estiércol de ganado y 1000 mililitros de ME. Esto dio como resultado una pila de 24 kg de materia orgánica con los siguientes resultados: humedad 31,63%, pH 6,97, conductividad eléctrica 3,43 dS/cm, nitrógeno total 0,98%, fósforo 1,27%, potasio 0.46%, calcio 7,39%, magnesio 1.01%, cobre 23 ppm, relación C/N 17,08, cromo 22,75 y plomo 50,65 ppm. Todos estos resultados cumplen con los requisitos de calidad de los compost establecidos por las directrices de la FAO y la OMS.

Debido a que las premezclas minerales suelen contener sal común (cloruro de sodio), lo que da como resultado excrementos altamente cargados de sodio y de mala calidad, Ruiz (2022) sugiere que a medida que el estiércol envejece, tiende a cambiar su pH, aumentando de 6,5 a 9,5 o 10,0 según el contenido de sales de Na, Ca y K. También es proporcional al consumo de sal. Con base en la imprevisibilidad del uso del estiércol, los resultados de la tesis aportada por Miraval y Mancha (2018) demuestran un contexto de alto potencial de hidrógeno con promedios máximos de 8,6 y 9,5.

Examinando los resultados estadísticos del contenido de nutrientes del análisis del compost (Tabla 6), es posible confirmar que, el aporte de microorganismos nativos en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en este proceso, por cuanto, en general, los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje frente al testigo ; lo que demuestra que, con la aplicación del T2: 2 L. MN Activado/Mochila 20 L, para obtener compost de mejor calidad, corroborando lo señalado por Suquilanda (1996), que los microorganismos demostraron que son microbios benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación, lo que mejoró con la utilización

CONCLUSIONES

1. Los tratamientos a base microorganismos nativos han sido efectivos para la descomposición de la materia orgánica en el compost, gracias a la formación de varias colonias de actinomicetos y otros.
2. En cuanto a los días a la obtención del compost el tratamiento T₀ obtuvo el mayor promedio con 55,00 días sin embargo los tratamientos T₁ y T₂ con menores promedios con 48,00 y 41,00 días. Existe una correlación negativa perfecta siendo $R = -1,0$, el coeficiente de determinación R^2 señala que el 100 % de los días a la obtención de compost está influenciada por las dosis del microorganismo nativos activos.
3. El peso de compost el tratamiento T₀ obtuvo el mayor promedio con 172,75 kg seguidos de los tratamientos T₁ y T₂ con promedios de 154,50 y 137,50 kg respectivamente. existe una correlación negativa perfecta siendo $R = -0,99$, su coeficiente de determinación R^2 señala que el 99,96 % del peso de compost está influenciada por las dosis del microorganismo nativos activos.
4. En cuanto análisis físico química del suelo el T₁ obtuvo el mayor promedio con 8,01, seguido del t₂ con 7,98 y el de menor promedio el T₀ con 7,80. La conductividad eléctrica el T₀ tuvo el mayor promedio con 30,96 seguido del T₂ con 27,61 y el de menor promedio lo obtuvo el T₁ con 22,76. por otra parte, el mayor contenido e materia orgánica lo obtuvo el T₁ con 1,59 % seguido del T₂ con 1,52 % y con el menor promedio el T₀ con 1,28%. En lo relacionado al contenido de nitrógeno el T₂ obtuvo el mayor promedio con 1,52 % seguido del T₀ con 1,23% y el de menor promedio el T₁ con 1,20%. El mayor contenido de fosforo lo obtuvo el T₀ 6,373 ppm seguido del T₁ con 5,597 ppm y el menor promedio el T₂ con 4,888 ppm. En lo relacionado a potasio el T₀ obtuvo el mayor promedio con 1,00 seguido del T₂ con 0,96 y el T₁ con el menor promedio con 0,80 respectivamente

RECOMENDACIONES

1. Recomendar la utilización de microorganismos nativos a los agricultores porque se ha demostrado que aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica para la obtención de compost
2. Recomendar a los agricultores y empresas de producción de abonos orgánicos la utilización de estos microorganismos nativos por su efectividad en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica
3. Se recomienda a la población agrícola la aplicación de microorganismos nativos para la aceleración de la descomposición de la materia orgánica por la proporción de colonias de actinomicetos con las cuales se podrá obtener un peso de compost más mullido y de mejor calidad.
4. La aplicación de microorganismos nativos va a mejorar la calidad físico química del compost el cual beneficiará a la estructura del suelo lo cual permitirá incrementar significativamente en la producción de cultivos de los agricultores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, L. (2021) Efecto de microorganismos eficientes comerciales y microorganismos nativos provenientes de la chicha de jora en el proceso de compostaje. Ayacucho. 2020
- APROLAB, (2007). [Base de datos en línea]. Perú: Instructivo No. 001-2007. [Fecha de acceso 27 de octubre del 2022].URL disponible en: <http://www.Manual/para/elaboración/de/compost.Html>
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014) Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. España: Escuela Agraria de Fraisoro.,2014. 75 p.
- Balarezo, O, (2012) *Biodiversity and Ecophysiology of Yeast*. pp. 221-240. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Barrera, R. (2006) Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Bellaterra: Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona., 2006.
- Bhattacharjee, R.; Dey, U. (2016) Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research* 8(24): 2332-2342.
- Biasney, Y., Mosqueira, S., Escobar, R. & Pérez, C. (2006). Manejo y producción de albahacas (*Ocimum* sp.) cultivadas en el municipio de Quibdó, Choco, Colombia. *Revista Institucional: Investigación, biodiversidad y desarrollo*, 16(2),15-35.
- Calzada, J (1970) *Métodos estadísticos para la investigación científica* Editorial Jurídica. 643 p.
- Castillo, L. (2019). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficientes (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Facultad de Ingeniería, Universidad Continental. Huancayo: s.n., 2019. pág. 107.
- Chappa, C. & Ávila, L. (2014). Dosis de fertilizante con microorganismos benéficos (Ferti EM) en el cultivo de rabanito (*Raphanus sativus* L.) en la provincia de Lamas (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11458/598>

- Chávez, A. 2012. Informe de textura de suelo. In curso Edafología Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa
- Clavijo, C., Chipana, V., Centeno, J., Zúñiga, D., & Guillén, C. (2012). Aislamiento, caracterización e identificación de bacterias diazotróficas de la rizósfera del cultivo de *Olea europea* "olivo" en Tacna-Perú. *Ecología Aplicada*, 89-102. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v11n2/a06v11n2.pdf>.
- De la Cruz (2018), Efecto de diversas fuentes de microorganismos en el compostaje de residuos de cosecha de maíz con estiércol de vacuno. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.
- FAO (2016), composición de los fertilizantes químicos 22 pp
- Figueroa, M. (2015) Manual de Abonos Orgánicos. Corporación Máxima S.A.C. Tacna Perú. 80 pp.
- Galecio et al (2022). Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415. *Revista Terra Latinoamericana Volumen 41*, 2023.
- Guaman L. (2015) Evaluación de la eficiencia de microorganismos nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina del cantón piñas, provincia el oro. tesis 65 pp.
- Gyaneshwar, P., Naresh, G., Kumar, L., Parekh, J., & Poole, P. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 24(5), 83–93.
- Hao, X., Chang, C., Travis, G. & Zhang, F. (2003). Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166(2), 239–245.
- Hernández, Y. (1998). La fijación biológica del nitrógeno. *Rev Cubana de Ciencias Agrícola*, 32(5), 15-37.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hossain, M., White, S., Elahi, S., Sultana, N., Choudhury, M., Alam, Q., Rother, J. & Gaunt, J. (2005). The efficiency of nitrogen fertiliser for rice in Bangladeshi farmers' fields. *Field Crops Research*, 93(1), 94–107. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31467>

- Huilahuaña, J. (2023) efecto del compost elaborado a partir de residuos de áreas verdes con y sin adición de microorganismos benéficos para el mejoramiento del suelo de La Yarada Los Palos, Tacna, Tesis UNJBG
- Ibarra, J. y Llica, W. (2020), Determinación de la influencia de azotobacter nativos en cultivos de *Raphanus sativus* como biofertilizante en el distrito de Pachia” Tesis Upt Ing. Ambiental 90 pp.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2001). Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua. Nicaragua: INTA/ FAO.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Medellín. Colombia. 619 p
- López, P. (2004). Población Muestra y Muestreo. Punto Cero, 09(08), 69-74.
- Maldonado, J. (2020), Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). [En línea] [ed.] Universidad Católica Sedes Sapientiae. Rioja, Perú: s.n.,
- Mancha, M. (2018) Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de ingeniería.
- Mau, F. (2006), Microorganismos efectivos. Trad. por Marie Luise Schicht. Barcelona, Sintesis. 237 p.
- Meza y Ramírez (2017) *Microorganismos nativos en la eficiencia de remoción de materia orgánica del efluente de la estación depuradora de calceta, Manabí* tesis 72 pp Ecuador.
- Miraval, A. (2019) *Elaboración de compost utilizando materia orgánica de cocina y estiércol de vacuno en la granja ecológica Lindero, Tomayquichua, Ambo, Huánuco, diciembre 2018 – marzo 2019*. Tesis (Título de Ingeniera Agrónoma). Facultad de Ingeniería, Universidad de Huánuco. Huánuco: s.n., 2019. pág. 155.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons.
- Moreira F. M. S. & J. O. Siquiera. (2006) Os organismos do solo. *In: Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2nd ed. Lavras. pp.17-82. UFLA

- Moreno, V. (2016). *Aislamiento, caracterización de tierra de montaña y subtrópico durante el periodo 2016*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Mosquera, F. (2017). *Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en un suelo agrícola en el Valle del Mantaro*. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima 84 p.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2003). *Química agrícola*. Madrid, España: MundiPrensa.
- Ochse, J.; Soule, M.; Dijkman, M.; Wehlburg, C. (1974).. *Cultivo y mejoramiento de las plantas tropicales y subtropicales*. Trad. por Alonso Blacklller V. México, Limusa. v. 2, 265 p.
- Norma Chilena Oficial. Norma Chilena de calidad de compost NCh2880. Santiago de Chile: Instituto Nacional de Normalización INN, 2004.
- Pillco, K. (2020) *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces*. Tesis (Título de Licenciada en Biología). [En línea] [ed.] Universidad Nacional del Altiplano. Puno: s.n., 2020.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma: FAO.
- <https://es.scribd.com/doc/86489234/Caracterizacion-de-LosEstiercoles-en-La-Lombricultura>.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- .Soliva, M. y López, M. *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. RuralCat. [En línea] Noviembre de 2004. [Citado el: 12 de mayo de 2024.] https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost+_+influenci+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68.
- Soto, M. G. 2003. *Abonos orgánicos: El proceso de compostaje*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 27 pp
- Suquilanda, B.. (1996).. *Agricultura orgánica alternativa tecnológica*. CayambeEcuador. pág. 172.

- Torres, C (2017). Microorganismos eficientes y frecuencia de volteos en la descomposición y calidad de compost de pulpa de café en la comunidad nativa Villa San Martín – 31 Pichanaki-Perú. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias- Satipo- Perú.
- Torres, M. & Lizarazo, L. (2006). Evaluación de grupos funcionales del ciclo del C, N y P y actividad de la fosfatasa ácida en dos suelos agrícolas del departamento de Boyacá. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 317-325.
- Uribe, L, L.2003.Taller de abonos Orgánicos/CATIE. San José, Costa Rica.10 pp
- Vega (2016). “Evaluación de microorganismos nativos en el proceso de degradación de materia orgánica en compostaje del relleno sanitario en el Gad del Cantón de la Joya

ANEXOS

Anexo 1

Días a la obtención de compost

TO	T1	T2
56	49	42
55	48	40
54	47	39
55	48	41

Anexo 2

Peso de compost (kg).

TO	T1	T2
172	154	131
174	150	145
175	156	134
170	158	140
