

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS ORGÁNICOS Y OBTENCIÓN DE COMPOST EN CASTILLO GRANDE,
PERÚ**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

LUIS CRISTHIAN VIDAL ROMERO

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°36 -2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de abril del 2023 a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS Y OBTENCIÓN DE COMPOST EN CASTILLO GRANDE, PERÚ”

Presentado por el Bachiller: **VIDAL ROMERO, Luis Cristhian**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del título correspondiente.

Tingo María, 18 de mayo de 2023



Ing. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE




Ph.D. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA
MIEMBRO


Ing. Mg. WILFREDO TELLO ZEVALLOS
MIEMBRO


Ing. M.Sc. DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA
ASESOR


Ing.M.Sc. JAIRO EDSONGUTIERREZ COLLAO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 134 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS Y OBTENCIÓN DE COMPOST EN CASTILLO GRANDE, PERÚ	VIDAL ROMERO, Luis Cristhian	19% Diecinueve

Tingo María, 30 de mayo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

DEDICATORIA

A Dios, por otorgarme la vida, el conocimiento y la perseverancia para cumplir mis metas y seguir avanzando día a día.

A mi padre; Luis Teodoro Vidal Rosales, y a mis abuelos, por los consejos y tiempo brindado a lo largo de mi vida académica y profesional.

A mi madre; Aretssy Zulema Romero Moreno, la persona que más amo en esta vida, mi motor y motivo, la que me brindó su apoyo incondicional en todo momento, y los valores que me inculcó para crecer como persona y como profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma máter de mi formación profesional.
- A la Municipalidad Distrital de Castillo Grande por permitirme realizar la presente investigación en las instalaciones de planta de transformación de residuos sólidos.
- Al señor Rolando Vargas Sánchez y a la señora English Torres Sajamí, por brindarme su apoyo, tiempo, y por compartir sus conocimientos durante mi permanencia en la institución.
- Al personal encargado de la recolección de residuos sólidos, por su tiempo y apoyo.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por su contribución científica, cultural y social que me brindaron para mi formación profesional.
- A mis asesores de tesis, Ing. M. Sc. David Prudencio Quispe Janampa e Ing. Mg. Sc. Jairo Edson Gutiérrez Collao, por el asesoramiento durante la ejecución del trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado de investigación, por sus propuestas y aportes con la finalidad de mejorar el informe de investigación.
- A mis amigos Bryan Matute Román, José Luis Del Castillo y Elvira Luvieska Ruíz Ortega, por su apoyo incondicional en la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Residuos sólidos.....	3
2.1.2. Microorganismos.....	3
2.1.3. Microorganismos eficientes.....	5
2.1.4. Microorganismos del suelo.....	5
2.1.5. Compost	5
2.2. Estado del arte	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución	14
3.2. Material y métodos	14
3.2.1. Materiales y equipos	14
3.2.2. Metodología.....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos para obtención del compost posterior a la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes.....	24
4.2. Número de colonias del compost a través de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes	29
4.3. Composición química del compost a través de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes	30
V. CONCLUSIONES	34
VI. PROPUESTAS A FUTURO	35

VII. REFERENCIAS	36
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) del tiempo (días) de descomposición por cada tratamiento	24
2. Descriptivos para el tiempo (días) de descomposición de residuos sólidos orgánicos.....	25
3. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por repeticiones de cada tratamiento y por semana	26
4. Obtención del compost (kg) por repeticiones de cada tratamiento	27
5. Descriptivos para el compost obtenido de residuos sólidos orgánicos (kg)	28
6. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) obtención de compost (kg) de los residuos sólidos orgánicos	28
7. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) del número de colonias del compost por cada tratamiento	29
8. Prueba Kruskal-Wallis del número de colonias de actinomicetos por cada tratamiento.....	30
9. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de la humedad, materia orgánica (base húmeda y seca) y cenizas (base húmeda y seca)	31
10. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de los macroelementos de los compost obtenidos	32
11. Prueba Kruskal-Wallis de dos macroelementos y cuatro microelementos por cada tratamiento	33
12. Datos de residuos recolectados para aplicar el tratamiento 3 (raíces)	60
13. Datos de temperatura diaria por tratamiento y por repetición	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Camas de compostaje.....	15
2. Obtención de residuos sólidos.....	16
3. Obtención del material experimental.....	16
4. Mezcla de raíces con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.....	17
5. Mezcla de madera descompuesta con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.....	17
6. Mezcla de hojarasca con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.....	18
7. Mezclas anaerobias de raíces, madera descompuesta y hojarasca.....	18
8. Tercera repetición de aplicaciones de microorganismos eficientes de hojarasca y madera descompuesta.....	20
9. Tercera repetición de aplicaciones de microorganismos eficientes de raíces y registro de temperatura.....	20
10. Distribución de las camas de compostaje.....	23
11. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 1.....	43
12. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 2.....	44
13. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 3.....	45
14. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 1.....	46
15. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 2.....	47
16. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 3.....	48
17. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 1.....	49
18. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 2.....	50
19. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 3.....	51
20. Análisis especial de los compost obtenidos por tratamientos y por repeticiones.....	52
21. Personal de la municipalidad explicando sobre el uso de la mochila fumigadora.....	53
22. Agregando microorganismos eficientes del tratamiento 3 (raíces).....	53

23. Previo al uso de la mochila fumigadora	54
24. Cama de compostaje	54
25. Aplicando microorganismos en las camas de compostaje	55

RESUMEN

El aumento de residuos sólidos es un problema de contaminación en la población, por ende, el compostaje nace como alternativa junto a la utilización de técnicas como los microorganismos eficientes para acelerar este proceso. Se utilizaron microorganismos procedentes de hojarasca (T₁), madera descompuesta (T₂) y raíces (T₃), determinándose el tiempo de descomposición por cada tratamiento, el número de colonias en cada tratamiento, así como la composición química del compost obtenido por cada tratamiento. Se utilizó el ANVA (prueba Duncan) y la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados reportan que el mejor tiempo de descomposición se suscitó a los 39,3 días con el T₁, la mayor cantidad de compost se obtuvo con el T₂ (madera descompuesta) (299,67 kg), la mayor cantidad de colonias de actinomicetos y fungis se obtuvo con el T₂ (madera descompuesta) (61,67 y 54,00 x 10³ UFC/g respectivamente), la mayor cantidad de microorganismos aerobios viables se obtuvo con el T₁ (hojarasca) (2 034,67 x 10³ UFC/g); además, con el T₁ se obtuvo la mayor humedad se reportó con el T₁ (19,98 %), el mayor contenido de materia orgánica seco (54,26 %), mayor contenido de nitrógeno (2,61 %), mayor contenido de fósforo (0,12 %), mayor contenido de magnesio (0,10 %), mayor contenido de sodio (0,57 %), mayor contenido de potasio (3,42 %), mayor contenido de cobre (2,70 ppm), mayor contenido de zinc (43,52 ppm) y mayor contenido de manganeso (147,29 ppm); mientras que con el T₃ (raíces) se obtuvo mayor contenido de calcio (2,62 %) y contenido hierro (0,29 ppm).

Palabras clave: Compost, microorganismos, hojarasca, madera descompuesta y raíces.

ABSTRACT

The increase in solid waste is a problem of contamination in the population, therefore, composting is born as an alternative together with the use of techniques such as efficient microorganisms to accelerate this process. Microorganisms from leaf litter (T1), decomposed wood (T2) and roots (T3) were used, determining the decomposition time for each treatment, the number of colonies in each treatment, as well as the chemical composition of the compost obtained by each treatment. The ANVA (Duncan test) and the Kruskal-Wallis test were used. The results report that the best decomposition time occurred at 39.3 days with T1, the greatest amount of compost was obtained with T2 (decomposed wood) (299.67 kg), the largest amount of actinomycete colonies and fungus was obtained with T2 (decayed wood) (61.67 and 54.00 x 10³ CFU/g respectively), the highest amount of viable aerobic microorganisms was obtained with T1 (litter) (2 034.67 x 10³ CFU/ g); In addition, with T1 the highest humidity was reported with T1 (19.98%), the highest content of dry organic matter (54.26%), highest nitrogen content (2.61%), highest content of Phosphorus (0.12%), Higher Magnesium (0.10%), Higher Sodium (0.57%), Higher Potassium (3.42%), Higher Copper (2.70 ppm), higher zinc content (43.52 ppm) and higher manganese content (147.29 ppm); while with T3 (roots) a higher calcium content (2.62 %) and iron content (0.29 ppm) was obtained.

Keywords: Compost, litter, decomposed wood, roots and microorganisms.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, de acuerdo a datos de las Naciones Unidas (2023), a nivel internacional, el incremento de residuos sólidos orgánicos constituye un problema serio de contaminación, llegando a generar 11 200 millones de toneladas anuales de residuos sólidos. Por otro lado, el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2023) menciona que, el Perú genera 8 millones de toneladas de residuos sólidos municipales anualmente, y de ellos, 23 308 toneladas son generados por la provincia Leoncio Prado. Dicho problema se debe al incremento de la población y del consumismo que empeoran cada día más. Ante el incremento de la generación de residuos, el compost se comporta como una alternativa (tecnología sostenible) para realizar el manejo de desechos orgánicos, que facilitan la valorización de los residuos orgánicos mediante la descomposición y estabilización de su contenido en materia orgánica.

En relación al problema mencionado se formula como interrogante ¿Cuál será el efecto de la descomposición de los residuos orgánicos a través de la aplicación de microorganismos eficientes? Al respecto, se conoce que existen microorganismos que aceleran el proceso de descomposición, permitiendo el incremento de minerales que contienen los desechos orgánicos. Estos microorganismos no afectan al ambiente, y actúan consumiendo las sustancias que causan malos olores, la putrefacción y enfermedades. Asimismo, permiten transformaciones químicas que vuelven fértiles a las plantas, convirtiendo el material orgánico del suelo en formas inorgánicas (mineralización), en función de la disponibilidad del oxígeno.

Los microorganismos eficientes se ubican en diversos componentes del ambiente, tales como el aire, el suelo, el agua, etc. Los hongos como los actinomicetos y ascomicetos, así como las bacterias pueden proveer considerable cantidad de materia orgánica en condiciones controladas de humedad y temperatura, a costos mínimos para aumentar la producción del suelo.

En este contexto, con el presente estudio se pretende disminuir el tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos a través de los microorganismos eficientes, lo cual será de utilidad al poblador rural del distrito de Castillo Grande.

Por consiguiente, se propone la siguiente hipótesis: “las aplicaciones de microorganismos eficientes pueden acelerar la transformación de la materia orgánica en compost”.

Objetivo general

- Conocer los microorganismos eficientes y sus efectos en la descomposición de residuos sólidos orgánicos y obtención de compost en Castillo Grande, Perú.

Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos para obtención del compost posterior a la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes en Castillo Grande, Perú.
- Cuantificar el número de colonias del compost a través de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes en Castillo Grande, Perú.
- Conocer la composición química del compost luego de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes en Castillo Grande, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Residuos sólidos

Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 (2000) indica que, los desechos sólidos se definen como aquellos materiales, productos o producidos en un ambiente sólido que el productor desecha o debe desechar debido a las leyes nacionales o los riesgos que presentan para la salud y el ambiente.

2.1.1.1. Residuos sólidos orgánicos

Tchobanoglous (1994) asevera que, los residuos orgánicos son aquellos que tienen un tiempo de descomposición más corto que los inorgánicos (residuos que se mantienen a lo largo del tiempo), entre ellos tenemos residuos de cocina, maleza, mantenimiento de jardines y más.

Por otro lado, Prieto (2003) indica que, los residuos, por su naturaleza, a menudo se reciclan y pueden considerarse un recurso en algunos casos. Los residuos sólidos consisten en residuos vegetales y animales, que se descomponen fácilmente, y residuos no sólidos, o residuos que son difíciles de descomponer pero que pueden reciclarse.

2.1.2. Microorganismos

Higa (2002) indica que, quien descubrió los microorganismos mostró que estos son buenos por naturaleza y que producen cosas buenas cuando actúan en conjunto. Existen una gran variedad de microorganismos en el compost, como hongos, bacterias fototróficas, levaduras, bacterias del ácido láctico y hongos de fermentación.

Álvarez (1992) asevera que, entre los fungis encontramos estructuras que crecen a partir de la descomposición de los seres vivos; levadura, mucha fruta madura; y hongos fitopatógenos. Ambos no cuentan con clorofila y son heterótrofos, obteniendo la energía de la fermentación de los recursos naturales. El cuerpo vegetativo del hongo consta de muchos

filamentos ramificados llamados hifas, todos ellos de interés agrícola, oomicetos, zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos y hongos incompletos.

Además, Álvarez (1992) menciona que, las bacterias tienen muchas diferencias morfológicas y varios tipos de células únicas. Sin embargo, los tipos de bacterias difieren entre sí en la calidad de sus colonias cuando se cultivan en agar, estructura, organización y el interior de sus células y metabolismo. Las bacterias crecen y se desarrollan en forma de colonias con un diámetro de 1 mm, y las colonias pueden tener diferentes formas, longitud pequeña, pueden ser diferentes de color rojo, amarillo o púrpura, o sin pigmento. La morfología de las bacterias es simple: esférica o elipsoidal, cilíndrica o bastoncillo, espiral. Esto también se aplica a las bacterias del ácido láctico, que producen ácido láctico a partir del azúcar y otros carbohidratos producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico actúa como agente antibacteriano: inhibe los organismos nocivos y promueve la descomposición rápida de los materiales orgánicos. Finalmente, menciona la levadura, que produce sustancias útiles a partir de aminoácidos y azúcares producidos por bacterias fotosintéticas, además de producir hormonas y enzimas que provocan la división celular. Su secreción es una parte importante para los microorganismos activos como las bacterias del ácido láctico y los actinomicetos.

2.1.2.1. Beneficios en la agricultura

Proexant (2002) menciona que, los microorganismos son llevados al suelo por la sal real, ayudando al intercambio de iones en el suelo y el agua seca, ablandando el agua y liberando sales tóxicas de las plantas (sodio y cloro), disolviendo otros minerales (cal y fosfatos), para acelerar la descomposición. de compost, bokashi, etcétera. Produce microorganismos activos que aumentan los nutrientes de la materia orgánica y aportan una gran resistencia al estrés hídrico y una gran capacidad de mineralización de carbono, mejorando las propiedades del suelo al proporcionar una buena penetración radicular y aumentando la resistencia a enfermedades. Además, suprime o controla el número de organismos patógenos que crecen en el suelo por competencia. Aumenta la diversidad microbiana, creando las condiciones ambientales necesarias que ayudan a los microbios a prosperar.

2.1.3. Microorganismos eficientes

Higa (1993) indica que, los microorganismos activos, es un cultivo mixto de microorganismos naturales benéficos, sin cambios de genes, presentes en el medio natural, que es fisiológicamente compatible. Una vez situado en el medio natural, el comportamiento del individuo se ve muy potenciado por la forma en que interactúa con sus relaciones sociales. Un organismo productivo no es un solo tipo de organismo, sino una combinación de grupos seleccionados de organismos que, al vivir juntos, producen muchos beneficios. En esta relación entre insectos, existe un conflicto que puede vivir en armonía y aumentar la microflora y el medio ambiente, especialmente el suelo (características físico-químicas). Sin embargo, una de las formas en que la tecnología difiere de la agricultura convencional es que las plantas absorben no solo minerales, sino también compuestos orgánicos (proteínas, aminoácidos, etc.).

2.1.4. Microorganismos del suelo

Garret et al. (2012) asevera que los microorganismos del suelo son importantes para continuar con las funcionalidades de los procesos que favorecen los ecosistemas terrestres, incorporando los nutrientes y favoreciendo el reciclaje. En el caso de los microorganismos aerobios viables, Condori (2020) informa que los efectos están relacionados en el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas. Con respecto a los actinomicetos, Hace et al. (2004) informa que pueden comportarse como indicadores de fertilidad y que son importantes en el ciclo de nutrientes del suelo y en el control biológico de insectos y otros microorganismos patógenos. En relación a los fungis, Madigan et al. (2004) menciona que contribuyen a los procesos de mineralización del carbono orgánico

2.1.5. Compost

La palabra compost proviene del latín y significa crear (recolectar), el concepto aceptado de compost es "biodegradación aeróbica de desechos orgánicos en condiciones controladas" (INTEC, 1999). Labrador (2002) agrega que, el compostaje es un proceso bio-oxidativo de fermentación aeróbica y controlada, atacado por diferentes tipos de insectos que requieren suficiente humedad y sustratos orgánicos, de diferente composición y tamaño uniforme, especialmente en estado sólido, que excede en la fase termófila. que produce dióxido de carbono (CO₂), agua, minerales y materia sólida y orgánica, estéril y escasa,

producto de diversos procesos de transformación; rico en bacterias beneficiosas, sustancias húmicas y bioactivadores de la fisiología vegetal.

Puerta (2004) señala que, el compostaje es la descomposición de los residuos bajo la acción de microorganismos el cual aceleran dicho proceso. De acuerdo al tiempo de descomposición, la tasa de crecimiento viene determinada por la biotransformación o descomposición parcial y la mineralización o desaparición, entendida como la descomposición completa las moléculas orgánicas en dióxido de carbono, un inorgánico inerte, residuo o minerales incorporados al suelo, insectos y plantas.

Baltodano y Sotomayor (2002) mencionan que, el compostaje se define como un método de tratamiento/estabilización de residuos basado en un proceso biológico complejo, llevado a cabo en un medio controlado (presencia garantizada de oxígeno aeróbico y un cierto nivel térmico elevado) que produce un producto apto para su uso como fertilizante, corrección o sustrato.

2.1.5.1. Etapas del compostaje

Sztem y Pravia (2004) mencionan que, las etapas para la realización del compostaje. Comienza con la etapa de crecimiento, que también se denomina mesolítica o mesofítica, en esta fase el virus se adapta al medio fértil y comienza a propagarse (dura de dos a cuatro días y prospera en celo que puede ser mayor a los 50 °C). Los microorganismos que se encuentran en esta etapa se reproducen de manera rápida debido a la actividad metabólica que eleva la temperatura y produce ácidos orgánicos que bajan el pH. Durante este período, se atacan materiales de carbono fácilmente oxidables como carbohidratos, aminoácidos, proteínas y almidón. Ramírez y Restrepo (2007) indican que, la segunda parte de termofílico, aquí hay un cambio en el número de mesófilo a termófilo en el área de 50 - 70 ° C, aquí las enfermedades, las flores e incluso las semillas de malas hierbas perecen por el calor. El proceso toma de una a ocho semanas dependiendo de la velocidad rápida o lenta de la fermentación, dependiendo de las muestras entrantes, se produce una verdadera pasteurización y sobreminalización. También transforma el nitrógeno en amoníaco y el pH alcalino. A los 60°C desaparecen los hongos termofílicos y aparecen bacterias con esporas y actinomicetos que destruyen la cera, las proteínas y las hemicelulosas, la temperatura desciende hasta los 40°C, donde inician su trabajo, y desciende el pH. El ritmo de crecimiento

mantiene una descomposición lenta, disminuyen los microorganismos termófilos, pero aparecen otros, como los basidiomicetos descomponedores de lignina y los actinomicetos de celulosa, en este momento a la llegada de coloidales, húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otras (Ramírez y Restrepo, 2007).

2.1.5.2. Factores que influyen en el compostaje

Patrón y Pineda (2010) mencionan que, la temperatura determina la actividad biológica, producirá la temperatura en diferentes niveles de cambio, el pH, como la temperatura, es una indicación de la operación correcta, el valor es correcto. de 5 a 8, las bacterias prefieren un pH cercano a la neutralidad y los hongos toleran un pH ácido.

En otra parte, Hoyos et al. (2010) dicen que, la temperatura es el indicador más determinante en el proceso de compostaje, debe mantenerse entre 35 - 65 °C, cada grupo de microorganismos tiene una temperatura suficiente para realizar sus funciones: criofílica, de 5 a 15 °C, mesófila, de 15 a 45 °C o termófila, de 45 a 70 °C. El favorecido grupo destruirá seres vivos para producir materia y energía, y al hacerlo, se liberará calor que puede cambiar la temperatura de la pila y las condiciones del medio ambiente. En general, la intensidad térmica que se llega durante el proceso, así como la competencia por los nutrientes y la producción de enzimas (antibióticos) que impiden su crecimiento, destruyen los microorganismos patógenos y las semillas de malezas, vienen con los sobrantes. A altas temperaturas, algunos tipos de fertilizantes mueren, mientras que otros quedan inactivos porque se encuentran en forma de esporas.

Del mismo modo, Soto y Muñoz (2002) comentan que, el control del proceso es importante para hacer un buen compost, por lo que se deben crear las condiciones para que los microorganismos tengan el ambiente perfecto para prosperar. Las condiciones adecuadas para el desarrollo de organismos aeróbicos se crean por la presencia de oxígeno, agua, calor y una nutrición adecuada. Hay otros factores, como el pH, las fuentes de energía soluble y el contacto con la superficie, que promueven el crecimiento bacteriano.

También, Richard (1992) indica que, la relación C/N es importante para el compostaje, ya que el carbono es energía de la atmósfera y el nitrógeno es necesario para el crecimiento y la actividad de las células bacterianas; y que una relación C/N

alta ralentiza el proceso y una muy baja evita la descomposición, por lo que una relación de 30/1 se considera buena para el crecimiento de microorganismos.

En general, los materiales verdes y húmedos, como recortes de césped, cultivos, frutas y verduras, tienen un alto contenido de nitrógeno, por lo que la relación C/N es baja. Por otro lado, los materiales de color marrón a seco, como las hojas de otoño, la madera, la madera aserrada y el papel, tienen una proporción más alta porque contienen más carbono (Richard, 1992).

Por otro lado, la humedad es importante para el éxito de este proceso, considerándose suficiente una humedad del 50 al 80 % para el desarrollo de bacterias dañinas (Brutti, 2001). Además, el aire debe proporcionar suficiente oxígeno para los organismos aeróbicos y, por lo tanto, pueden estabilizar los desechos (Santibáñez, 2002).

Asimismo, Soto y Muñoz (2002) aseveran que, de acuerdo a las medidas de las partículas, estos afectarán el contacto. Por lo tanto, al reducir su medida aumenta el área superficial, por lo tanto, el proceso microbiológico, acelera el deterioro del material. Es importante señalar que las partículas pequeñas impiden la respiración (flujo de aire) sin descomposición.

2.1.5.3. Composición química

Barrena (2006) dice que, el pH es un parámetro que indica la presencia de bacterias, ya que es muy importante para otros grupos. Para que el número de bacterias varíe lo máximo posible al inicio del compostaje, es necesario trabajar con un pH cercano a 7. Un exceso de pH no es un impedimento para el proceso, pero está asociado a una cinética que inhibe la iniciación, tipo y velocidad de reacción, el pH es un indicador del crecimiento del proceso, al inicio el pH puede descender. porque. la formación de ácidos libres, pero internamente el valor aumenta debido a la liberación durante la descomposición del amoníaco.

Por otro lado, Hoyos et al. (2010) menciona que, el pH afecta el rendimiento debido a su efecto sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un pH de 5 a 8, por otro lado, las bacterias cuentan con una tolerancia menor.

Labrador (2001) señala que, la calidad del compost depende de la fuente (nutrientes básicos) y de la composición del compost (el tiempo de maduración). El compost inmaduro (que no cumple con los estándares físico-químicos) puede afectar el crecimiento de las plantas al fijar nitrógeno en el balance de carbono/nitrógeno, provocando competencia entre las raíces y los microbios del suelo por los compuestos de nitrógeno; pero si la proporción de carbono a nitrógeno es baja, provocará una falta de oxígeno en las raíces.

Por otra parte, López y Espinosa (s/n) mencionan que, de todas las frutas, el banano es el que reporta una mayor cantidad de potasio (K) (370 mg/100 g de pulpa) siendo este uno de los mayores proveedores de dicho elemento al momento del compostaje.

Los saprófitos comunes en el suelo son eficientes al transformar sustratos, pudiendo asimilar entre el 30 y 50% del carbono que se encuentra en la materia orgánica que descomponen, lo cual está por encima de las bacterias, oscila de 5 al 20%; lo cual indica que el incremento muy rápido de los hongos puede ocasionar una mayor demanda del nitrógeno disponible en el suelo, aunque ésta puede quedar mitigada por sus bacterias (Julca et al., 2006).

El sodio y el magnesio se obtuvieron en rangos iguales y en bajas cantidades debido a que su procedencia fue del ajo y dicha materia orgánica es muy escasa al momento de realizar el compostaje, contiene 24 mg de magnesio y 19 mg de sodio por cada 100 g de ajo (De Luis y Aller, 2008).

2.2. Estado del arte

Fundación Piedrabuena (2007) indica que, en las escuelas agrícolas y la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, EMAC, se tarda más de 150 días en recolectar abono orgánico de la planta de arroz. De la cantidad de residuos enviados a compostaje se obtiene del 30 al 40 %. En general, el sistema de composteras no está organizado, no tiene en cuenta el aire, la humedad y el pH de la biomasa con la que trabajan, y no mejora su cantidad y calidad.

Por otro lado, Rivera (2011) en una investigación relacionada a evaluar el sistema de proceso de sistema de compostaje, donde concluyó que, el uso de agentes biológicos

efectivos es un método efectivo de compostaje y control de malezas, que ayuda a controlar plagas, controlar olores, mejorar el rendimiento y un ambiente saludable en comparación con los métodos convencionales, que producen un olor desagradable durante el proceso.

Asimismo, Naranjo (2013) realizó una investigación donde aplicó microorganismos eficientes y algas para acelerar la descomposición de materiales orgánicos en la elaboración de compost, con los cuales obtuvo las siguientes conclusiones: el uso de microorganismos a razón de 30 cm³/10 l de agua tuvo los mejores resultados durante la descomposición, disminuyendo el tiempo de obtención del compost, obteniendo sanidad de acuerdo a la cantidad de su alimento. La solución a razón de 30 cc/10 litros de agua presentaron un período de compostaje de 80 días con nitrógeno (1,13 %), fósforo (219,99 ppm) y potasio (0,72 %). el mayor porcentaje de materia orgánica (24,63 %). Entonces, esta es la cantidad correcta para el uso de parásitos. En comparación con el testigo que no recibió pesticidas, tuvo mucho tiempo para acumular compost (120 días), contenido de fósforo (4 ppm) y materia orgánica (20,40%), lo cual es apropiado para el uso de microorganismos en el compostaje.

Acosta y Peralta (2015) realizó compostaje con el fin de obtener abonos orgánicos en el municipio de Fusagasugá, se emplearon seis tratamientos: T₁: Bovinaza + Plantas de tomate (tallos, hojas y tomate residual) + residuos de casa (vegetales, bananos y restos de hortaliza), T₂: Gallinaza + Cacota + Plantas de tomate, T₃: Porquinaza + Pasto estrella + Cítricos (naranja y hojarasca de la misma planta), T₄: Gallinaza + Porquinaza + residuos de casa + Cacota, T₅: Bovinaza + Gallinaza + Cítricos y T₆: Porquinaza + Bovinaza + Pasto estrella + Plantas de tomate. Los resultados encontrados fueron: los tratamientos T₆ y T₄ resaltaron en calidad tanto física, química y biológica. Al concluir, el T₄ obtuvo mayor diversidad de microorganismos, segundada por la mezcla seis en cuanto a hongos y bacterias.

Machaca et al., (2017) evaluaron el impacto del compostaje de residuos sólidos orgánicos en Tacna utilizando microorganismos de alta eficiencia, para lo cual empleó tres tratamientos con las respectivas repeticiones (T₁: Muestra patrón, T₂: residuo orgánico + estiércol de res + EM al 5%, T₃: residuo orgánico + estiércol + EM al 10%), se evaluó el tiempo de descomposición y un análisis químico del compost. Donde los resultados obtenidos fueron: el tratamiento con la adicción al 10 % de Mende acivo (T₃) resalto de los demás tratamientos con un tiempo de 49 días, con respecto a los análisis químicos como nitrógeno total, fosforo

disponible y potasio se reportó mayores valores en el T₃ con valores de 0,463%, 20,667 ppm y 156 ppm respectivamente.

De La Peña (2019) en una de sus investigaciones, realizo compost con pollinaza a partir de microorganismos eficientes (ME) en el distrito de Rio Negro, Satipo, como microorganismos eficientes fueron melaza de caña de azúcar, pollinaza, estiércol de vacuno (fresco), roca fosfórica, dolomita, agua. Para lo cual se tuvo en cuenta cuatro tratamientos: T₀: Sin ME, T₁: 100 mililitros de (ME) en 20 litros de agua, T₂: 200 mililitros de (ME) en 20 litros de agua y T₃: 300 mililitros de (ME) en 20 litros de agua. Como resultados obtuvo que, al utilizar cuando se inoculó 300 mililitros de microorganismos eficientes a la excreta fresca de pollos de engorde (pollinaza), fue mejor con respecto al tiempo de descomposición tardó 143 días; con respecto a las propiedades químicas el T₃ con 300 ml con microorganismos eficientes el pH oscilo de 8,5 a 7,8. No obstante, el fósforo incremento de 1,7% (testigo) a 2,7%, el potasio aumento de 1,0% a 3,1%. Al realizar el análisis de cantidad del compost se observó una disminución aceptable de 0,4 m³ hasta 0,3 m³.

Ludeña (2019) con el fin de evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en la mineralización de la materia orgánica más estiércol de vacuno en el distrito de José Gálvez, donde ellos tratamientos en estudio estuvieron conformados (T₁: testigo; T₂: 100 ml de EM por 10 L de agua; T₃: 150 ml de EM por 10 L de agua; y T₄: 200 ml de EM por 10 L de agua). Donde concluyen un registro en que se obtuvo compost en 80 días para T₂; 70 días para T₃; 60 días para T₄; por otro lado, en función al testigo T₁ se obtuvo resultados por encima de los otros tratamientos con un tiempo de 135 días. Asimismo, los resultados que obtuvieron se compararon con la Norma Chilena NCH 2880 - 2005 y cumple con la gran parte de los límites máximos permisibles, en el caso de metales pesados se encuentran presentes en baja concentración.

Castillo (2020) evaluó la calidad del compost obtenido a partir de materia orgánica y microorganismos eficientes (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, para lo cual utilizó cuatro tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de tres dosis de “Microorganismos Eficientes” (EM) al 5%, los resultados concluyen que, la producción de compost se encontraron dentro del rango para compost de buena calidad, asimismo, presentó un contenido de humedad entre 31,6% y 50,5%; la conductividad eléctrica oscilo entre 3,3 a 3,9 dS.m⁻¹, El pH oscilo de 6,9

hasta 7,4, los cuales cumplen los parámetros de neutralidad y calidad de FAO, IIAP y NTCH. Los residuos orgánicos oscilo entre 26,8 % a 28,8%; el nitrógeno neto oscilo entre 0,9 % a 1,0%, todos estos acordes al rango de calidad establecidos y aceptables.

Pantoja (2021) estudió el efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales en la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en Huacrachucro, teniendo 4 tratamientos en estudio estiércol de vacuno + microorganismos eficientes (EM) al 5% (T₁), estiércol de vacuno + restos vegetales frescos (T₂), estiércol de vacuno + restos vegetales frescos + EM al 5% (T₃), y como testigo se usó estiércol de vacuno (T₀). Los resultados arrojan que el T₃ fue superior estadísticamente en el número de cocones y número de individuos adultos de humus de lombriz con 15,33 y 20,33 respectivamente, de igual manera en el número de individuos juveniles se obtuvo más en el T₃ con 71 individuos por lo consiguiente en ambos se obtuvo un peso superior a los demás tratamientos, con respecto a los macronutrientes se adquirieron los mejores resultados con el tratamiento T₂ (EV + RVF) por encima de los otros tratamientos.

Pauta (2022) en el estudio obtuvo compost de residuos orgánicos a partir de la aplicación de microorganismos benéficos, donde tomó en cuenta cuatro tratamientos en estudio que estuvo comprendido por T₁ (consistió en restos orgánicos del mercado de la Feria Libre), T₂ (se realizó la misma mezcla que en el tratamiento 1 y se agregó 1000 ml de solución madre con microorganismo benéficos (MOBs) semanalmente), T₃ (consistió en la mezcla de residuos sólidos orgánicos de la ciudadela Laguna del Sol) y T₄ (se realizó la misma mezcla que en el T₃ y se agregó 1000 ml de solución madre con microorganismo benéficos (MOBs) semanalmente) donde los resultados mostraron que la inoculación de microorganismos eficientes disminuye el tiempo de descomposición de la materia orgánica ya que el ácido húmico de T₂ y T₄ son superiores a T₁ y T₃. Se procedió a registrar el nivel termico durante el proceso del compostaje, los tratamientos presentaron datos similares. Asimismo, el T₄, residuos provenientes de la Cdla. Laguna del Sol con aplicación de microorganismos eficientes, fue el que obtuvo un mejor resultado en términos de producción de compostaje anual, siendo la mejor alternativa para la ciudad y sin afectar el ambiente.

Munizaga y Alcívar (2023) elaboró abono orgánico a partir de desechos orgánicos domésticos mediante la utilización de microorganismos eficientes, para el estudio se tomaron en cuenta tres tratamientos T₁: 0,25% EM; T₂: 0,5% EM; y T₃ : 1% EM, se evaluó la

reducción con respecto a la descomposición , donde los resultados registrados fueron: el T₁ registro una baja eficiencia ya que solo redujo un 60% del volumen hasta el día 28, mientras que el T₂ se redujo en un tiempo similar al T₃, teniendo en cuenta el periodo de 28 días se obtuvo la mayor reducción de desechos con microorganismos eficientes al 1% y 0,25%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la Planta de Valoración de Residuos Sólidos Municipales a cargo de la “Gerencia de Desarrollo Económico, Gestión Ambiental y Proyectos”. Geográficamente se encuentra en las coordenadas UTM: Este 387491 m y Norte 8974239 m. Políticamente se ubica en el caserío Picuroyacu alto, perteneciente al distrito Castillo Grande, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, a una altitud de 656 m s. n. m.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Se utilizó una libreta de campo, plumón indeleble; machete para el picado de los residuos; una pala cuchara para agregar el aserrín, para el zarandeado y la mezcla; seis bolsas para tapar los barriles de 20 litros; hilo para amarrar los sacos; una balanza digital de 300 kg para el pesado de los residuos; una zaranda para cernir la mezcla de residuos; una carretilla para transportar la mezcla; un equipo para medir la temperatura; tres barriles de 20 litros donde se almacenó el preparado anaeróbico y tres timbos de 200 litros donde se preparó la mezcla que se aplicó a la cama de compostaje; tres costales de tela para almacenar el preparado aeróbico y otros tres costales donde se vertió la mezcla preparada; una mochila fumigadora de 15 litros con el que se aplicaron los microorganismos a la cama; un GPS con el que se georreferenció las coordenadas de la planta de compostaje.

Como insumos se obtuvieron los residuos orgánicos del distrito de Castillo Grande, los cuales estaban compuestos por restos de cocina, cáscara de frutos, semillas, tubérculos, etc.

Microorganismos eficientes obtenidos de hojarasca, madera descompuesta y raíces. Para la preparación de los compuestos aeróbicos y anaeróbicos se empleó: agua, aserrín, melaza, polvillo de arroz, leche anchor.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Tiempo de descomposición del compost obtenido posterior a la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

- **Reconocimiento de la planta de valoración de residuos sólidos municipales**

La investigación se realizó en la Planta de Valoración de Residuos Sólidos Municipales de Castillo Grande, el cual tiene un área 1 250 m² (25 x 50 m). Se realizaron las coordinaciones respectivas con el gerente de Desarrollo Económico, Gestión Ambiental y Proyectos y con el Jefe de Planta, por lo que nos brindaron las facilidades respectivas.

Se habilitaron 18 camas de compostaje colocado en el piso, las cuales estuvieron hecho a base de madera, con las siguientes dimensiones: 2,68 m de ancho, 3,77 m de largo y 0,18 m de profundidad. En las bases de las camas de compostaje se agregó una capa de aserrín (en total 15 kg por semana) (**Figura 1**).



Figura 1. Camas de compostaje.

- Obtención de residuos sólidos

Los residuos sólidos se obtuvieron los días lunes, miércoles y viernes en un horario de 8:00 am a 12:00 del mediodía, recolectados de las casas y restaurantes pertenecientes al distrito Castillo Grande. Una vez obtenido la materia orgánica, en la planta de valoración se eliminaron impurezas tales como clavos, latas, plásticos, metales, fierros, y se consideraron los residuos orgánicos. Posteriormente se pesaron en la balanza digital.



Figura 2. Obtención de residuos sólidos.

- Recolección de material experimental y obtención del compost

Se recolectó un costal con raíces (con capacidad de 50 kg), un costal con madera descompuesta (con capacidad de 50 kg) y un costal con hojarasca (con capacidad de 50 kg) del Bosque Reservado de la Universidad Agraria de la Selva, los cuales se colocaron dentro de tres baldes (**Figura 3**).



Figura 3. Obtención del material experimental.

Posteriormente, los costales se colocaron en el área de recepción sobre tres mantas (10 kg de hojarasca, 10 kg de madera descompuesta y 10 kg de raíces), en las cuales se seleccionaron retirando la basura. En cada manta se agregaron cinco litros de melaza de caña de azúcar, cinco a seis kilogramos de polvillo de arroz (dependiendo de la consistencia que tiene masa) y de ahí se removieron. En total se obtuvieron 15 kilogramos de mezcla para anaeróbicos (separados por procedencia, ya sea de hojarasca, madera descompuesta y raíces) y 15 kilogramos de mezcla para aeróbicos (separados por procedencia, ya sea de hojarasca, madera descompuesta y raíces).



Figura 4. Mezcla de raíces con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.



Figura 5. Mezcla de madera descompuesta con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.



Figura 6. Mezcla de hojarasca con melaza de caña de azúcar y polvillo de arroz.

Posteriormente, las mezclas anaeróbicas (madre) se colocaron en tres baldes de 20 litros debidamente codificados (hojarasca, madera descompuesta y raíces), los cuales fueron compactados para evitar la entrada de aire y tapados con bolsas y cerrados con las tapas del balde. Se mantuvieron cerrados por un mes respectivamente. Por otro lado, las muestras aeróbicas se colocaron en tres costales de telas debidamente codificados (hojarasca, madera descompuesta y raíces), los cuales se movieron cada vez que aparecían unas capas blancas, dicha actividad se realizó durante 13 días (**Figura 7**).



Figura 7. Mezclas anaerobias de raíces, madera descompuesta y hojarasca

Inmediatamente, otros tres costales de tela debidamente codificados (hojarasca, madera descompuesta y raíces) se colocaron en cada barril de polietileno. En cada barril de polietileno y costal, se aplicaron cinco litros de melaza de caña de azúcar, 120 litros de agua, cinco kilogramos de anaeróbicos hojarasca, madera descompuesta o raíces), un kilogramo de aeróbicos (hojarasca, madera descompuesta o raíces) y 10 sobres de leche anchor. La mezcla se removió hasta que no quedaron grumos, luego se expulsaron al aire, se amarró con hilo el costal, se colocaron las bolsas y taparon los barriles de polietileno por un lapso de 7 días.

La obtención de los residuos sólidos se realizó en un intervalo de una semana por cada repetición. En la primera semana, los residuos obtenidos y seleccionados del día lunes a viernes se agregaron a la primera cama de compostaje (sobre el aserrín) y fueron picados con machete para controlar la granulometría y homogenizar los residuos orgánicos; posteriormente con la mochila fumigadora se aplicó 5 litros de microorganismos eficientes presentes en la hojarasca (T1), (tres repeticiones – T1a, T1b y T1c).

En la segunda semana los residuos orgánicos del tratamiento 1 (T1) pasaron a la segunda cama, y a la vez se aplicó con la mochila fumigadora 5 litros de la mezcla con los microorganismos eficientes de la madera descompuesta (T2) a los residuos orgánicos obtenidos de la segunda semana, los cuales ingresaron a la primera cama (tres repeticiones – T2a, T2b y T2c).

En la tercera semana, la mezcla de los microorganismos eficientes del tratamiento 1 (T1) pasaron a la tercera cama, la mezcla con los microorganismos eficientes del tratamiento 2 (T2) pasaron a la segunda cama y a la vez se aplicó con la mochila fumigadora 5 litros de la mezcla con los microorganismos eficientes de las raíces (T3) a los residuos obtenidos de la semana tres, los cuales ingresaron a la primera cama (tres repeticiones – T3a, T3b y T3c).

Al llegar cada tratamiento a la cuarta semana respectivamente pasaron a una cuarta y definitiva cama de compostaje; a su vez con el instrumento se registró la temperatura de cada mezcla. En nueve semanas se terminó con la obtención de las tres repeticiones establecidas por cada tratamiento.



Figura 8. Tercera repetición de aplicaciones de microorganismos eficientes de hojarasca y madera descompuesta



Figura 9. Tercera repetición de aplicaciones de microorganismos eficientes de raíces y registro de temperatura

Los microorganismos eficientes de la hojarasca, madera descompuesta y raíces se agregaron todos los días; asimismo, el aserrín se agregó junto con los

residuos que se obtuvieron del día miércoles y viernes (15 kilogramo por cada semana), dependiendo de la humedad de la mezcla. Las mezclas fueron removidas todos los días.

Los volteos se realizaron con una lampa para permitir la oxigenación de la materia orgánica y que los microorganismos actúen eficazmente en la descomposición.

3.2.2.2. Determinación del tiempo de descomposición del compost

El tiempo de descomposición del compost se determinó posterior a la aplicación de los tres tratamientos de microorganismos eficientes. La descomposición del compost ocurrió cuando se tornaron de un color marrón oscuro e inodoro (Docampo, 2014).

Al final del ensayo, se pesó el compost obtenido por tratamiento. El compost se obtuvo por diferencia del peso de los materiales utilizados al inicio del ensayo.

3.2.2.3. Número de colonias del compost obtenido posterior a la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

Al momento de la cosecha del compost, se tomó una muestra de un kilogramo por cada tratamiento y repetición los cuales se llevó al Laboratorio de Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) (**Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23**) para la respectiva identificación y enumeración de las colonias de microorganismos aerobios viables, de hongos (mohos y levaduras), de actinomicetos.

3.2.2.4. Composición química del compost obtenido luego de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

Se obtuvo la composición del compost obtenido posterior a la aplicación de los tres tratamientos de microorganismos eficientes. El compost (las tres repeticiones con sus respectivos tratamientos) se voltearon y pasaron de las camas a formar pilas. Por cada tratamiento y por cada repetición se procedió a tomar muestras de 1 kg, los cuales fueron colocados en bolsas herméticas codificadas correctamente, y se mandó a evaluar

al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), con la finalidad de determinar la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y pH (Naranjo, 2013) (**Figura 24**).

3.2.2.5. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a Murillo (2008), el tipo de la investigación fue del tipo aplicado puesto que es una investigación práctica o empírica, porque buscó la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquirieron otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Acorde a Hernández et al. (2010), el nivel de la investigación fue del nivel explicativo, porque están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno.

3.2.2.6. Variables

3.2.2.6.1. Variables dependientes

- Tiempo de obtención del compost, cantidad de colonias, y composición química del compost.

3.2.2.6.2. Variables independientes

- Microorganismos eficientes provenientes de hojarasca, madera descompuesta y raíces.

3.2.2.7. Diseño de investigación

Se empleó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones.

3.2.2.8. Tratamientos en estudio

Tratamiento uno (T_1), mezcla de hojarasca y residuos sólidos orgánicos.

Tratamiento dos (T_2), mezcla de madera descompuesta y residuos sólidos orgánicos.

Tratamiento tres (T_3), mezcla de raíces y residuos sólidos orgánicos.

El modelo aditivo utilizado fue:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} : Observación cualesquiera dentro del experimento.

μ : Media poblacional.

T_i : Efecto aleatorio del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} : Error experimental.

i : 1,2,....., t ; tratamientos.

j : 1,2,....., r ; muestras o repeticiones.

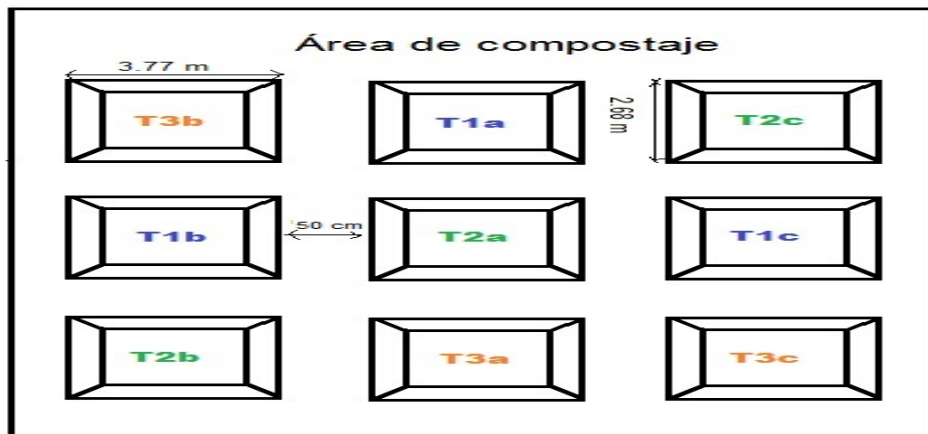


Figura 10. Distribución de las camas de compostaje

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos para obtención del compost posterior a la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

En la **Tabla 1** se observa la prueba Duncan para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos de microorganismos eficientes utilizados para la variable tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos, lo que reporta que no existen diferencias estadísticas significativas; sin embargo reportan diferencias numéricas, resaltando con mejor tiempo de descomposición el tratamiento 1 (hojarasca) con un tiempo promedio de descomposición de 39,3 días, secundado por el tratamiento 3 (raíces) con un tiempo promedio de descomposición de 41,3 días, y seguido por el tratamiento 2 (madera descompuesta) con un tiempo promedio de descomposición de 42,3 días; por lo tanto, la diferencia entre el tratamiento 1 con el tratamiento 2 es de tres días.

Tabla 1. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) del tiempo (días) de descomposición por cada tratamiento

Nº de orden	Tratamientos	n	Medias (días)	Sig.
1	Madera descompuesta	3	42,3	a
2	Raíces	3	41,3	a
3	Hojarasca	3	39,3	a

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.
n: Número de repeticiones por tratamientos.

En la **Tabla 2** se observa los descriptivos estadísticos para el tiempo de obtención de compost. Como se mencionó anteriormente, el tiempo promedio de descomposición de la materia orgánica con el tratamiento 1 (hojarasca) fue 39,3 días, y de acuerdo con la desviación estándar podría variar entre 2,5 días antes o 2,5 días después. Con el tratamiento 2 (madera descompuesta) el tiempo de descomposición de la materia orgánica fue 42,3 días, y conforme a su desviación estándar podría ser 1,1 días antes o 1,1 días después. Con el tratamiento 3 (raíces) el tiempo de descomposición de residuos sólidos orgánicos fue 41,3 días, y considerando su desviación estándar podría ser 0,6 días antes o 0,6 días después. En relación al coeficiente de variación, los datos más homogéneos se encuentran en el tratamiento 3 (raíces), mientras que los datos más heterogéneos se encuentran en el tratamiento 1

(hojarasca). No obstante, los datos de coeficiente de variación se encuentran en un rango aceptable.

Tabla 2. Descriptivos para el tiempo (días) de descomposición de residuos sólidos orgánicos

Tratamiento	N	Media (días)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
Hojarasca	3	39,3	2,5	6,4
Madera descompuesta	3	42,3	1,1	2,7
Raíces	3	41,3	0,6	1,4

n: Número de repeticiones por tratamientos.

El tiempo de descomposición reportado por cada tratamiento es un indicador del grado de madurez al realizar la biotransformación y mineralización de los residuos sólidos orgánicos (Puerta, 2004).

Además, el tiempo de descomposición de cada tratamiento es menor a lo reportado por Naranjo (2013), en la investigación utilizando microorganismos eficientes y algas, para mejorar el tiempo de obtención del compost, determinó que con la aplicación de microorganismos en la dosis 30 cc/10 litros de agua, el tiempo de obtención de compost fue de 80 días.

El tiempo de descomposición de los tratamientos fue superior a lo reportado por Ludeña (2019), que obtuvo un tiempo de madures del compost de 80 días para T₂; 70 días para T₃; 60 días para T₄; por otro lado, en función al testigo T₁ se obtuvo resultados por encima de los otros tratamientos con un tiempo de 135 días.

Asimismo, el tiempo de descomposición de los tratamientos obtenidos en la investigación fueron superiores a lo determinado por De La Peña (2019), reporto su mejor tratamiento (inoculó 300 mililitros de microorganismos eficientes a la excreta fresca de pollos de engorde) obtuvo que el tiempo de descomposición fue 143 días. No obstante, los resultados se asemejan a lo reportado por Machaca et al., (2017) donde determinó que el tratamiento con la adicción al 10 % de Mende acivo (T₃) fue el mejor con un tiempo de 49 días.

El tiempo de descomposición de acuerdo con Hoyos et al. (2010) está en función de la temperatura, la cual debe mantenerse entre 35 y 65 °C; por lo tanto, las temperaturas en cada tratamiento se encuentran dentro del rango, debido a que en el tratamiento 1 (hojarasca) la temperatura promedio (considerando las tres repeticiones y todas las lecturas) fue 42,4 °C; en el tratamiento 2 (madera descompuesta) la temperatura promedio fue 38,9 °C; mientras que en el tratamiento 3 (raíces) la temperatura promedio fue 40,4 °C (**Tabla 3**). Considerando los promedios de temperatura y los promedios de tiempo de descomposición podemos señalar que a mayor temperatura menor tiempo de descomposición.

Tabla 3. Temperatura (°C) por repeticiones de cada tratamiento y por semana

Semana	H-R1	H-R2	H-R3	M-R1	M-R2	M-R3	R-R1	R-R2	R-R3
S1	24,0	24,1	23,6	23,5	24,6	24,1	24,0	23,8	23,9
S2	43,3	45,2	40,3	41,9	40,3	40,8	41,9	38,0	47,1
S3	56,0	54,2	55,0	55,2	52,6	55,8	53,6	49,7	60,0
S4	46,7	55,6	56,3	38,3	52,7	41,2	44,3	56,9	45,7
S5	39,1	44,9	47,6	36,3	34,3	36,0	38,3	39,8	38,5
S6	34,0	36,1	36,7	35,0	35,0	33,5	32,6	32,9	33,6
Promedio	40,5	43,4	43,3	38,4	39,9	38,6	39,1	40,2	41,5
Promedio total		42,4			38,9			40,4	

En la **Tabla 4** se observan los pesos iniciales de residuos sólidos orgánicos recolectados por cada repetición de los tratamientos, resaltando diferencias de peso, el cual pudo suceder debido a que, en ciertas oportunidades, entre las recolecciones realizadas se encontraban tomates o diversas frutas que contenían mayor cantidad de agua. Asimismo, se muestra el peso final de del compost obtenido por cada repetición de los tratamientos.

Los residuos sólidos ingresados en cada semana se desmenuzaron con la finalidad de disminuir el tamaño de los residuos sólidos orgánicos y favorecer la descomposición de manera más rápida. Si se contara con partículas muy pequeñas estas no permitirían un correcto flujo del aire (Soto y Muñoz, 2002).

Tabla 4. Obtención del compost (kg) por repeticiones de cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial residuos sólidos (kg)	Peso final compost (kg)	Obtenido (%)
1	Hojarasca	1	4 078,6	6.4
		2	3 605,6	
		3	3 722,9	
2	Madera descompuesta	1	3 308,5	8.4
		2	3 693,7	
		3	3 764,2	
3	Raíces	1	3 607,7	7.8
		2	3 929,0	
		3	3 860,6	

Con los datos de la **Tabla 4** se puede deducir que con el tratamiento 1 (hojarasca) el compost obtenido representa 6,4 % de los residuos orgánicos recolectados, con el tratamiento 2 (madera descompuesta) el compost obtenido representa 8,4 % de los residuos orgánicos recolectados, y con el tratamiento 3 (raíces) el compost obtenido representa 7,8 % de los residuos orgánicos recolectados. Los valores de cada tratamiento son muy inferiores a lo reportado por la Fundación Piedrabuena (2007) quien indica que en los colegios Agropecuarios y en la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, EMAC, en su planta de elaboración de humus, de las cantidades de desechos orgánicos que dedican al compostaje, se obtiene finalmente entre el 30 y 40 %.

En la **Tabla 5** se observa los descriptivos estadísticos para el peso final del compost obtenido. El peso promedio del compost obtenido con el tratamiento 1 (hojarasca) fue 243,9 kg, y de acuerdo con la desviación estándar podría variar entre 17,0 kg por encima o por debajo de la media. Con el tratamiento 2 (madera descompuesta) el peso promedio del compost fue 299,7 kg, y conforme a su desviación estándar podría ser 13,3 kg más o menos que la media.

Con el tratamiento 3 (raíces) el peso promedio del compost obtenido fue 296,8 kg, y considerando su desviación estándar podría oscilar entre 4,2 kg por encima o por debajo de la media. En relación al coeficiente de variación, los datos más homogéneos se encuentran

en el tratamiento 3 (raíces), mientras que los datos más heterogéneos se encuentran en el tratamiento 1 (hojarasca). No obstante, los datos de coeficiente de variación se encuentran en un rango aceptable.

Tabla 5. Descriptivos para el compost obtenido de residuos sólidos orgánicos (kg)

Tratamiento	n	Media (kg)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
1 Hojarasca	3	243,9	17,0	6,9
2 Madera descompuesta	3	299,7	13,3	4,4
3 Raíces	3	296,8	4,2	1,4

n: Número de repeticiones por tratamientos.

En la **Tabla 6** se observa la prueba Duncan para determinar las diferencias significativas (**Tabla 15**), entre los tratamientos de microorganismos eficientes utilizados para la variable obtención de compost de los residuos sólidos orgánicos, lo que reporta que existen diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento 1 (hojarasca) con los tratamientos 2 (madera descompuesta) y 3 (raíces). No se reportan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 2 (madera descompuesta) y 3 (raíces).

Cabe resaltar que el mayor peso obtenido de compost se reportó con el tratamiento 2 (madera descompuesta), siendo superior en 2,9 kg al compost obtenido con el tratamiento 3 (raíces) y en 55,8 kg al compost obtenido con el tratamiento 1 (hojarasca).

Tabla 6. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) obtención de compost (kg) de los residuos sólidos orgánicos

N° de orden	Tratamientos	n	Medias (kg)	Sig.
1	Madera descompuesta	3	299,7	a
2	Raíces	3	296,8	a
3	Hojarasca	3	243,9	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

n: Número de repeticiones por tratamientos.

4.2. Número de colonias del compost a través de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

En la **Tabla 7** se reporta que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las medias de microorganismos aerobios viables y fungis.

Sin embargo, reportan diferencias numéricas, resaltando con mayor número de microorganismos aerobios viables (M.A.V) el tratamiento 1 (hojarasca) con $2\ 034,7 \times 10^3$ UFC/g, secundado por el tratamiento 2 (madera descompuesta) con $2\ 008,7 \times 10^3$ UFC/g y seguido por el tratamiento 3 (raíces) con $1\ 349,3 \times 10^3$ UFC/g; también resalta con mayor número de fungis el tratamiento 2 (madera descompuesta) con $54,0 \times 10^3$ UFC/g respectivamente, secundada por el tratamiento 3 (raíces) con $28,7 \times 10^3$ UFC/g.

Tabla 7. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) del número de colonias del compost por cada tratamiento

M.A.V (UFC/g)				Fungis (UFC/g)			
T	n	Medias	Sig.	T	n	Medias	Sig.
1	3	$2034,7 \times 10^3$	a	2	3	$54,0 \times 10^3$	a
2	3	$2008,7 \times 10^3$	a	3	3	$28,7 \times 10^3$	a
3	3	$1349,3 \times 10^3$	a	1	3	$17,7 \times 10^3$	a

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.
T: Tratamientos. n: Número de repeticiones por tratamientos.

Considerando a Soto y Muñoz (2002), se puede afirmar que se realizó un manejo importante del proceso para obtener buen compost, porque se generó las condiciones para que se desarrollen los microorganismos aerobios viables, actinomicetos y fungis, que han influido en el proceso bioxidativo (Labrador, 2002). Con los reportes de fungis (mohos y levaduras) se corrobora lo indicado por Álvarez (1992), que asevera que entre los hongos encontramos a los mohos los cuales se desarrollan sobre la materia orgánica en descomposición; y a las levaduras que son abundantes sobre la superficie de los frutos maduros, lo que permitirá desarrollar adecuadamente los procesos de mineralización del carbono orgánico en el compost obtenido por cada tratamiento (Madigan et al., 2004).

La cantidad de colonias de los microorganismos del suelo reportados en cada tratamiento serán claves para permitir la funcionalidad de los procesos de incorporación de

nutrientes y el reciclaje (Garret et al., 2012). Con las cantidades de colonias de microorganismos aerobios viables, y conforme a lo indicado por Condori (2020), se puede deducir que existirá una mejoría en las características físicas, biológicas y químicas del compost. Sin embargo, en conversaciones con especialistas del Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), un número elevado de colonias de microorganismos aerobios viables significaría también presencia de contaminantes en la materia prima, expresados en una deficiente manipulación durante la elaboración del compost.

Por otro lado, en la **Tabla 8** se observa la aplicación de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para los datos de actinomicetos, porque no presentaron distribución normal. Con una significancia de $0,214 > 0,05$; se indica que la distribución de actinomicetos es la misma entre los tratamientos.

Tabla 8. Prueba Kruskal-Wallis del número de colonias de actinomicetos por cada tratamiento

Tratamientos	Actinomicetos (UFC/g)		Prueba de Kruskal-Wallis
	n	Medias	
2	3	$61,7 \times 10^3$	0,214
1	3	$21,7 \times 10^3$	
3	3	$2,7 \times 10^3$	

n: Número de repeticiones por tratamientos.

Con respecto al número de colonias de actinomicetos, y acorde a lo postulado por Hace et al. (2004), el compost obtenido por cada tratamiento tendrá un buen ciclo de nutrientes y un buen control biológico de insectos y de microorganismos patógenos para las plantas. Además, la presencia de actinomicetos es un indicador de la maduración del compost (Ramírez y Restrepo, 2007).

4.3. Composición química del compost a través de la aplicación de tres tratamientos de microorganismos eficientes

En la **Tabla 9** se observa la prueba Duncan el cual reporta que no existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para sus respectivas medias (**Tabla 17**). Sin embargo, reportan diferencias numéricas, resaltando con mayor porcentaje de humedad y de materia orgánica en base seca el tratamiento 1 (19,9 y 54,3 %

respectivamente), mayor porcentaje de materia orgánica y cenizas en base húmedo el tratamiento 3 (45,5 y 39,8 % respectivamente), y mayor porcentaje de cenizas en base seca el tratamiento 2 (48,2 %). El mayor contenido de humedad se registró en el tratamiento 1 (hojarasca), lo que da sustento a que con este tratamiento se reportara la mayor cantidad de microorganismos aerobios viables, corroborando lo indicado por Labrador (2002) quien señaló para que se produzca el compost deben intervenir una gran diversidad de microorganismos que requieren una humedad adecuada. Además, el porcentaje de humedad obtenido por los tres tratamientos se encuentra por debajo de lo señalado por Brutti (2001) quien asevera que la humedad debe variar entre 50 y 80 % para que sea adecuado para el desarrollo de los microorganismos descomponedores. Comparando los resultados con lo reportado por Castillo (2020), el compost que obtuvo presentó un contenido de humedad entre 31,6 y 50,5%, resultando superior a lo obtenido en la investigación cuyo rango fue 14,8 y 19,9%. Con respecto a la materia orgánica, los porcentajes obtenidos tanto en húmedo como en seco son superiores a lo registrado por Naranjo (2013) quien, tras aplicar microorganismos eficientes y algas, para disminuir el tiempo de la descomposición de materiales orgánicos en la elaboración de compost en una dosis 30 cc/10 litros de agua obtuvieron 24,6%. Comparando los resultados de materia orgánica con lo reportado por Castillo (2020), quien obtuvo un rango entre 26,8 y 28,8%; los porcentajes de materia orgánica húmeda y seca fueron superiores.

Tabla 9. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de la humedad, materia orgánica (base húmeda y seca) y cenizas (base húmeda y seca)

Humedad (%)			M.O (Húmedo)			Cenizas (Húmedo)			M.O (Seco)			Cenizas (Seco)		
T	N	Media	T	n	Media	T	n	Media	T	n	Media	T	n	Media
1	3	19,9 ^a	3	3	45,5 ^a	3	3	39,8 ^a	1	3	54,3 ^a	2	3	48,2 ^a
2	3	18,5 ^a	1	3	43,4 ^a	2	3	39,3 ^a	3	3	53,6 ^a	3	3	46,5 ^a
3	3	14,8 ^a	2	3	42,2 ^a	1	3	36,6 ^a	2	3	51,8 ^a	1	3	45,7 ^a

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

T: Tratamientos. n: Número de repeticiones por tratamientos. M.O: Materia Orgánica.

En la **Tabla 10** se observa la prueba Duncan para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos de microorganismos eficientes utilizados para los macroelementos (nitrógeno, fósforo, calcio y potasio) por tratamientos (**Tabla18**). El tratamiento 1 (hojarasca) reportó los mejores resultados en contenidos de nitrógeno (2,6 %), fósforo (0,1 %), , potasio (3,4 %), esto pudo suceder debido a que en la materia orgánica

recolectada se encontrara mayor cantidad origen vegetal como legumbres, leguminosas y cascara de bananos este último conteniendo una gran cantidad de potasio (370 mg/100 g de pulpa) (López y Espinosa, s/n), menor cantidad de fungís; causando una menor demanda de nitrógeno por parte de ellos debido a que dicho elemento es necesario para la generación de aminoácidos y su desarrollo (Julca et al., 2006), resultando ser diferente estadística y significativamente a los tratamientos 2 (madera descompuesta) y 3 (raíces). Por otro lado, el tratamiento 3 (raíces) reportó los mejores resultados en calcio (2,6 %) esto se pudo suceder, debido a que en la materia orgánica recolectada se pudo haber encontrado una mayor cantidad de cascara de huevo teniendo 95,1 % de minerales, de los cuales el 93,6 % corresponde a carbonado de calcio (Fernández y Arias, 2000), resultando ser estadísticamente diferente a los tratamientos 1 (hojarasca) y 2 (raíces). Cabe resaltar que el tratamiento 3 (raíces) fue secundado por el tratamiento 1 (hojarasca) con 2,4 %. También se puede observar que, el tratamiento 2 (madera descompuesta) resultó ser el segundo mejor tratamiento en los contenidos de nitrógeno (2,1 %) y fósforo (0,1 %).

Tabla 10. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de los macroelementos del compost obtenido por tratamiento

Nitrógeno (%)		Fósforo (%)		Calcio (%)		Potasio (%)	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	2,6 ^a	1	0,1 ^a	3	2,6 ^a	1	3,4 ^a
2	2,1 ^b	2	0,1 ^b	1	2,4 ^b	3	3,3 ^b
3	1,7 ^c	3	0,03 ^c	2	2,4 ^b	2	2,8 ^c

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística. T: tratamientos

Por otro lado, en la **Tabla 11** se observa la aplicación de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para los datos de dos macroelementos (magnesio y sodio) y cuatro microelementos (cobre, hierro, zinc y manganeso), debido a que no presentaron distribución normal. Con una significancia mayor a 0,05; el cual indica que la distribución de porcentajes de magnesio y sodio es la misma entre los tratamientos. El sodio y el magnesio se pudo haber obtenido en rangos iguales y en bajas cantidades debido a que su procedencia pudo haber sido en gran parte del ajo, y dicha materia orgánica es muy escasa al momento de realizar el compostaje, contiene 24 mg de magnesio y 19 mg de sodio por cada 100 g de ajo (De Luis y Aller, 2008). Con una significancia menor a 0,05; el cual indica que la distribución de contenido de cobre, hierro, zinc y manganeso son diferentes entre los tratamientos (**Tabla 18**). La

diferencia entre estos microelementos puede ser por la heterogeneidad al momento de obtener la materia orgánica para cada tratamiento, el cual consta de diversos componentes vegetales, cereales, legumbres, semillas, etc., los cuales brindaran los nutrientes al compost. Los rangos del porcentaje de nitrógeno obtenidos en la investigación (1,7 y 2,6%) son superiores a lo reportado por Castillo (2020), reportó que el nitrógeno total varió entre 0,9% y 1,0%, todos estos dentro del rango de calidad establecidos y aceptables. También fueron superiores a lo determinado por Machaca et al. (2013), quienes obtuvieron valores de 0,463%.

Tabla 11. Prueba Kruskal-Wallis de dos macroelementos y cuatro microelementos por cada tratamiento

Magnesio (%)		Sodio (%)		Cobre (ppm)		Hierro (ppm)		Zinc (ppm)		Manganeso (ppm)	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	0,10 ^a	1	0,57 ^a	1	2,70 ^a	3	0,29 ^a	1	43,5 ^a	1	147,3 ^a
3	0,10 ^a	3	0,57 ^a	3	0,13 ^b	1	0,23 ^b	2	6,59 ^b	2	38,47 ^b
2	0,09 ^a	2	0,55 ^a	2	0,10 ^b	2	0,01 ^c	3	5,79 ^b	3	0,83 ^c

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística. T: Tratamientos.

Para la obtención del compost de cada tratamiento, se han recolectado residuos sólidos orgánicos, los cuales contenían restos de frutas y verduras, por lo tanto, contenían gran contenido de nitrógeno, tal como lo menciona Richard (1992), quien asegura que los restos de frutas y verduras poseen altos contenidos de nitrógeno; sin embargo no reportaron contenidos de carbono, motivo por el cual no se puede establecer una relación C/N, pero de acuerdo a lo planteado por Labrador (2001), se puede deducir que el compost obtenido por cada tratamiento no podrán interferir con el crecimiento de plantas, ni causará competencias entre las raíces y los microorganismos del suelo por compuestos nitrogenados.

Al comparar los resultados obtenidos en la investigación, con los resultados reportados por Naranjo (2013), quien aplicó microorganismos eficientes y algas, para disminuir el tiempo de obtención del compost, podemos señalar que la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en los tres tratamientos es superior a lo registrado por el autor mencionado, quien tras aplicar microorganismos en la dosis 30 cc/10 litros de agua determinó que el mayor contenido de nitrógeno fue 1,1%, fósforo (219,9 ppm equivalente a 0,02%) y potasio (0,7%).

V. CONCLUSIONES

- Con el T₂ (madera descompuesta) se reportó el mayor tiempo de descomposición y la mayor cantidad de compost; mientras que con el T₁ (hojarasca) se obtuvo el menor tiempo de descomposición y la menor cantidad de compost.
- El número de colonias en el compost obtenido por cada tratamiento, reporta al T₂ (madera descompuesta) como el mejor, debido a que reportó mayor cantidad de actinomicetos y fungi, además de ocupar el segundo lugar en el número de microorganismos aerobios viales. En la cantidad de microorganismos aerobios viales, el mejor tratamiento fue el T₁ (hojarasca).
- El mejor tratamiento fue el T₁ (hojarasca), debido a que reportó mayor humedad, mayor contenido de materia orgánica seca, nitrógeno, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cobre, zinc y de manganeso. Solo en los contenidos de calcio y hierro ocupó el segundo lugar por detrás del T₃ (raíces).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Evaluar la influencia del compost obtenido de hojarasca, madera descompuesta y raíces en el desarrollo de plantones forestales en vivero.
- Determinar la dosis adecuada de compost de hojarasca en el desarrollo de plantones forestales en vivero.
- Determinar la dosis adecuada de compost de madera descompuesta en el crecimiento de plantones forestales en vivero.
- Comparar los efectos de los microorganismos eficientes de origen vegetal con los de origen animal para la desintegración de los residuos sólidos orgánicos y obtención de compost.

VII. REFERENCIAS

- Acosta, W. & Peralta, M. (2015). Elaboración abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá [Tesis de pregrado, Universidad Cundinamarca] Repositorio UDEC.
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1234?show=full>
- Álvarez, G. (1992). Estudios de hongos patógenos. Manejo de plaga y enfermedades. V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón Editores. 321 p.
- Baltodano, R. & Sotomayor, O. (2002). Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos, Universidad Earth, 2002 [Tesis de Pregrado, Universidad Earth] <https://docplayer.es/22763970-Universidad-earth-evaluacion-de-manejo-de-desechos-organicos-domesticos-en-la-earth-mauricio-baltodano-robles-felipe-sotomayor-orejuela.html>
- Barrena, G. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso, Departamento de Ingeniería Química, de la Universidad Autónoma de Barcelona, 2006 [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona] <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Brutti, L. (2001). Sistemas de Compostaje: Factores críticos del Proceso de Compostaje. En: Seminario – Taller Internacional: Manejo de Sólidos Orgánicos para una agricultura Limpia: 9 y 10 de Octubre 2001. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Castillo, L. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficientes (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Continental] Repositorio UC.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>
- Condori, X. (2020). Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Andrés. La Paz, Bolivia.

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/24902/T-2770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De La Peña, C. (2019). Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5298>

De Luis, D. & Aller, R. (2008). Ajo y riesgo cardiovascular. Sección de Endocrinología y Nutrición Clínica. Unidad de Apoyo a la Investigación. Hospital Universitario del Río Hortega. Instituto de Endocrinología y Nutrición Clínica. Facultad de Medicina de Valladolid.

Docampo, R. (2014). Guía de compostaje en pequeña escala. Rev. INIA Uruguay. (38): 46-49.

Fernández M. & Arias, J. (2000). La cáscara del huevo: Un modelo de biomineralización. Monografías de Medicina Veterinaria. <https://monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/5017/4901>

Fundación Piedrabuena (FP). (2007). EM Organización de la Investigación. EM (Effective Microorganisms) una revolución que salva la Tierra.

Garrett, K., Jumpponen, A. & Kennelly, M. (2012). Informe Ceres Trust: Microbios del suelo en la producción de hortalizas orgánicas: nuevos conocimientos de la pirosecuenciación.

Hace, K., Denner, E., Kuffner, M., Piñar, G., Handschur, H., Lubitz, W. & Haslberger, A. (2004). DGGE análisis y clonación con escopeta 1 detecta diferentes comunidades de actinomicetos en suelos de campos bajo manejo convencional y orgánico.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. McGraw – Hill/Interamericana Editores, S.A DE C.V pp 607. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra. Una forma de resolver los problemas de nuestro mundo a través de los Microorganismos Efectivos (EM). Trad. M. del MARRIERA. 2002. España. Grafiques Manlleu. 332 p.
- Higa, T. (2002). Microorganismos Beneficiosos y Efectivos para una Agricultura Sostenible y Ambiental. INFRC (International Nature Farming Research Center). <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MICROORGANISMOS-DEL-SUELO-PARA-LA-AGRICULTURA.pdf>
- Hoyos, J., Vargas, C. & Velazco, R. (2010). Evaluación de compost obtenido en pila móvil empleando mezclas de gallinaza de jaula con material celulósico. Universidad del Cauca Popayán. Colombia.
- INTEC (Corporación de Investigación Tecnológica de Chile). (1999). Manual de Compostaje, Santiago de Chile, 82 p. <https://fdocuments.in/document/intec-agricultura-ecologica-manual-de-compostaje.html?page=1>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Volumen 24, N° 1.
- Labrador, M. (2001). La materia orgánica en los agrosistemas. España. <https://www.iberlibro.com/9788449105104/MATERIA-ORGANICA-AGROSISTEMAS-LABRADOR-MORENO-8449105102/plp>
- Labrador, J. (2002). La materia orgánica en los agroecosistemas, aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agroecosistemas. 2° Edición; España: Mundi-prensa, pp.152-181
- LEY N° 27314. (2000). Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo. N° 057-2004-PCM.
- López, A. & Espinoza, J. (s/n). Respuesta del banano al potasio. International Plant Nutrition Institute (IPNI).

- Ludeña, M. (2019). Efecto de los microorganismos eficientes en la descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Gálvez. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2784>
- Madigan, T. M., Martinko, M. J., Parker, J. (2004). Brock: Biología de los microorganismos. Ed. I Capella. Décima ed. Madrid, España, Pearson Prentice Hall.
- Munizaga, D. & Alcívar, U. (2023) producción de compost a partir de desechos sólidos orgánicos domésticos mediante el uso de microorganismos eficientes. Rev. Journal Scientific. 7(2): 3-21.
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica>
- Naciones Unidas. (2023). Datos y cifras. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures#:~:text=Becca%20McChaffie%2FUnsplash.-,Residuos,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero>
- Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, Facultad de Ingeniería Agronómica, de la Universidad Técnica de Ambato, 2013 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato] <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>
- Pantoja, B. (2021). Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales en la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en Huacrachuco, 2018. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1868>
- Patron, I. y Pineda, J. (2010). Sustratos orgánicos: Elaboración, manejo y principales usos. Colegio de Postgraduados Texcoco, Estado de México.

<https://docplayer.es/12207155-Sustratos-organicos-elaboracion-manejo-y-principales-usos.html>

Pauta, J. (2022). Aplicación de microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, caso de estudio: cdla. Laguna del Sol y planta de compostaje Del Valle. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca] Repositorio UCA. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11210>

Prieto, C. (2003). Basuras: Manejo y transformación práctico - económico. Bogotá. Ecoe. 98 p. <https://www.worldcat.org/title/basuras-manejo-y-transformacion-practico-economico/oclc/642543299>

PROEXANT (Promoción de Exportaciones no Tradicionales, Ec.). (2002). Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos.

Puerta Echeverri, S. M. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/178>

Ramírez, R., & Restrepo, T. (2007). Evaluación de la aplicación de abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo negro-lado del municipio de Marinilla. Antioquia. Proexant.

Richard, T. (1992). Compostaje de Residuos Sólidos Municipales: Procesamiento físico y biológico. Revista Biomasa y Bioenergía 3(3-4): 163-180 p.

Rivera, J. (2011). Evaluación de Microorganismos Eficientes en procesos de compostaje de residuos de maleza, Facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, 2011 [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

Santibáñez, C. (2002). Diseño y evaluación de una planta piloto de compostaje para el tratamiento de residuos de origen vegetal. Memoria de Químico Ambiental. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. 93 p. <https://www.coursehero.com/file/p78qtm7/SANTIBA%C3%91EZ-C-2002-Dise%C3%B1o-y-evaluaci%C3%B3n-de-una-planta-piloto-de-compostaje-para/>

- SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). (2023). Estadística ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08en>
- Soto-Muñoz, G., & Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Theoretical and practical considerations on compost, and its use in organic agriculture. *Manejo Integrado de Plagas*, (65), 123-129. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5955>
- Sztern, D. & Pravia, M. (2004). Manual para la elaboración de Compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Tchobanoglous, G. T., & VIGIL, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. (Ed.) McGraw-Hill. Madrid, España, 3-1033. <https://www.worldcat.org/title/gestion-integral-de-residuos-solidos/oclc/434357102>

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 03- Compost – Hojarasca T1 – R1.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 2676 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 23 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 21 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero moderado de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



Dr. Mchlgó. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Figura 11. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 1



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 02- Compost – Hojarasca T1 – R2.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1860 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 21 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 42 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un número moderado de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022





Dr. Mcblgo. Etcnigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Figura 12. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 2



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 07 Compost - Hojarasca T1 – R3.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Crísthian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1568 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 9 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 2 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero bajo de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



[Handwritten Signature]
Dr. Mofgo. Bcnlgo. César S. López López
 Laboratorio Microbiología General

Figura 13. Análisis microbiológico del tratamiento 1 – repetición 3



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 01- Compost – madera T2 – R1.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1760 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 64 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 4 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:


La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero moderado de fungi (hongos), un numero bajo de actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



[Firma]
 Dr. M**cb**lgo. B**tc**nigo. César S. López López
 Laboratorio Microbiología General

Figura 14. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 1



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 05 Compost - Madera T2 – R2.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1986 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 17 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 5 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:


La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero moderado de fungi (hongos), un numero bajo de actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



P. R. L.
Dr. Mchigo. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Figura 15. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 2



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 08 Compost - Madera T2 – R3.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.


RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 2280 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 81 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 176 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero moderado de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



Dr. *Mobfgo. Btcnlgo.* César S. López López
 Laboratorio Microbiología General

Figura 16. Análisis microbiológico del tratamiento 2 – repetición 3



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO
Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 06 Compost - Raíz T3 – R1.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1488 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 5 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 2 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:


La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero bajo de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



[Handwritten Signature]
Dr. Mchlgó. Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Figura 117. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 1



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 04 Compost - Raíz T3 – R2.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.


RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 880 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 53 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 2 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero moderado de fungi (hongos), un numero bajo de actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



[Handwritten Signature]

Dr. Mchfgo. Btchnlgo. César S. López López
 Laboratorio Microbiología General

Figura 18. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 2



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N° : 001- 0636802

Muestra : 09 Compost – Raíz T3 – R3.
Procedencia : Compostera de la Municipalidad del Distrito de Castillo Grande.
Atención a : Bach. Vidal Romero Luis Cristhian.
Fecha recepción : 05 – 10 – 2021.
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras).
- Enumeración de Actinomicetos.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Termotolerantes (E. Coli).
- Investigación de Salmonella.

RESULTADOS:

Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	: 1680 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	: 28 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Enumeración de Actinomicetos	: 4 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ m.o/g
- Número más probable de Coliformes Totales.	Ausencia	Ausencia
- Número más probable de Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia 25 g	Ausencia 25 g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un numero alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un numero bajo de fungi (hongos) y actinomicetos, y no presentan microorganismos patógenos.

Tingo María, 26 de enero de 2022



Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Figura 19. Análisis microbiológico del tratamiento 3 – repetición 3



Figura 20. Análisis especial de los compost obtenidos por tratamientos y por repeticiones



Figura 21. Personal de la municipalidad explicando sobre el uso de la mochila fumigadora



Figura 22. Agregando microorganismos eficientes del tratamiento 3 (raíces)



Figura 23. Previo al uso de la mochila fumigadora



Figura 24. Cama de compostaje



Figura 25. Aplicando microorganismos en las camas de compostaje

Anexo 2. Tablas de evaluación

Tabla 12. Resultados de prueba de normalidad de los datos evaluados

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadíst	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de descomposición	,278	9	,044	,875	9	,138
Peso del compost	,249	9	,114	,882	9	,163
Microorganismos aerobios	,159	9	,200*	,976	9	,938
Fungis	,249	9	,115	,893	9	,212
Actinomicetos	,331	9	,005	,550	9	,000
Materia orgánica húmeda	,156	9	,200*	,948	9	,668
Cenizas húmeda	,276	9	,046	,856	9	,087
Materia orgánica seca	,117	9	,200*	,960	9	,797
Cenizas seca	,117	9	,200*	,960	9	,797
Nitrógeno	,168	9	,200*	,951	9	,697
Fósforo	,209	9	,200*	,871	9	,127
Calcio	,223	9	,200*	,844	9	,064
Magnesio	,471	9	,000	,536	9	,000
Sodio	,485	9	,000	,464	9	,000
Potasio	,275	9	,049	,878	9	,151
Cobre	,407	9	,000	,658	9	,000
Hierro	,268	9	,061	,813	9	,029
Zinc	,403	9	,000	,638	9	,000
Manganeso	,303	9	,017	,773	9	,010

Tabla 13. Resultados de comparación de medias mediante prueba no paramétrica

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de actinomicetos es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,214	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de magnesio es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,102	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de sodio es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,314	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de cobre es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,024	Rechazar la hipótesis nula.
5	La distribución de hierro es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,024	Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de zinc es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,027	Rechazar la hipótesis nula.
7	La distribución de manganeso es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,027	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tabla 14. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) del tiempo de descomposición de los residuos sólidos orgánicos para obtención del compost

Fuente de variación	G. L.	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	2	14,0	7,0	2,6	0,15
Error	6	16,0	2,7		
Total	8	30,0			
C.V (%)			3,9		

C.V (%): Coeficiente de variabilidad.

Tabla 15. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la obtención del compost

Fuente de variación	G. L.	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	2	5 924,1	2 962,0	18,4	0,002
Error	6	967,8	161,3		
Total	8	6 891,9			
C.V (%)			4,5		

C.V (%): Coeficiente de variabilidad.

Tabla 16. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) del número de colonias del compost

Fuente de variación	G. L.	M.A.V	Actinomicetos	Fungis
Tratamientos	2	452539111,1 x 10 ³ NS	2721000 x 10 ³ NS	1041444,4 x 10 ³ NS
Error	6	190734666,7 x 10 ³	3402000 x 10 ³	577555,6 x 10 ³
Total	8			
C.V (%)		24,3	203,5	71,9

C.V (%): Coeficiente de variabilidad.

Tabla 17. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la humedad, materia orgánica (base húmeda y seca) y cenizas (base húmeda y seca)

Fuente de variación	G. L.	Humedad	M.O	Cenizas	M.O	Cenizas
		(Húmedo)	(Húmedo)	(Húmedo)	(Seco)	(Seco)
		CM	CM	CM	CM	CM
Tratamientos	2	21,9NS	8,3NS	8,6NS	4,7NS	4,7NS
Error	6	16,9	4,7	18,8	11,1	11,1
Total	8					
C.V (%)		23,1	4,9	11,2	6,3	7,1

C.V (%): Coeficiente de variabilidad.

Tabla 18. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de los macro y microelementos de los compost obtenidos

Fuente de variación	G. L.	N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn
		Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig
Tratamientos	2	0,6S	0,0S	0,0S	0,0NS	0,0NS	0,3S	6,7S	0,1S	1394,0S	17353,3S
Error	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8
Total	8										
C.V (%)		4,8	7,0	1,9	2,7	1,9	2,2	13,4	11,6	1,4	2,2

N: Nitrógeno. P₂O₅: Fósforo. Ca: Calcio. Mg: Magnesio. Na: Sodio. K: Potasio. Cu: Cobre. Fe: Hierro. Zn: Zinc. Mn: Manganeseo. C.V (%): Coeficiente de variabilidad.

Tabla 19. Datos de residuos recolectados para aplicar el tratamiento 1 (hojarasca)

Tratamiento:	Hojarasca					
Repetición:	1					
Día de recolección:	23/08/2021		25/08/2021		27/08/2021	
Tipo de recipiente	Cantidad	Peso neto		Peso neto		
		de residuos	Cantidad	de residuos	Cantidad	
		(kg)		(kg)		
Baldes	101,5	1260,0	56,0	527,1	79,0	608,2

Tachos	5,0	352,7	5,0	362,3	5,0	348,0
Sacos	0,0	0,0	14,0	523,2	16,0	441,4
Basura		-33,5		-260,9		-49,9
Total		1579,2		1151,7		1347,7
Tratamiento:	Hojarasca					
Repetición:	2					
Día de recolección:	13/09/2021		15/09/2021		17/09/2021	
		Peso neto		Peso neto		Peso neto
Tipo de recipiente	Cantidad	de residuos	Cantidad	de residuos	Cantidad	de residuos
		(kg)		(kg)		(kg)
Baldes	93,0	857,1	62,0	511,7	77,0	580,4
Tachos	5,0	337,6	5,0	360,0	5,0	338,1
Sacos	14,0	367,2	11,0	312,2	3,0	92,9
Basura		-90,4		-33,6		-27,5
Total		1471,5		1150,2		983,9
Tratamiento:	Hojarasca					
Repetición:	3					
Día de recolección:	20/09/2021		22/09/2021		24/09/2021	
		Peso neto		Peso neto		Peso neto
Tipo de recipiente	Cantidad	de residuos	Cantidad	de residuos	Cantidad	de residuos
		(kg)		(kg)		(kg)
Baldes	92,0	806,4	68,0	535,1	15,0	688,9
Tachos	6,0	408,95	5,0	349,7	5,0	327,3
Sacos	12,0	328,4	6,0	156,9	9,0	305,9
Basura		-48,5		-30,0		-106,0
Total		1495,3		1011,7		1216,1

Tabla 20. Datos de residuos recolectados para aplicar el tratamiento 2 (madera descompuesta)

Tratamiento:	Madera descompuesta					
Repetición:	2					
Día de recolección:	16/08/2021		18/08/2021		20/08/2021	
		Peso neto de		Peso neto de		Peso neto de
Tipo de recipiente	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos
		(kg)		(kg)		(kg)

Baldes	100,0	759,0	50,0	410,9	74,0	603,9
Tachos	3,0	224,6	5,0	376,1	5,0	324,6
Sacos	15,0	441,2	5,0	167,6	2,0	80,4
Basura		-33,4		-26,3		-20,0
Total		1391,3		928,3		988,9
Tratamiento:	Madera descompuesta					
Repetición:	2					
Día de recolección:	30/08/2021		01/09/2021		03/09/2021	
		Peso neto de		Peso neto de		Peso neto de
Tipo de recipiente	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos
		(kg)		(kg)		(kg)
Baldes	75,0	778,6	63,0	559,4	82,0	662,3
Tachos	5,0	283,9	5,0	321,3	5,0	338,4
Sacos	13,0	407,0	9,0	346,6	9,0	208,5
Basura		-117,15		-34,4		-60,5
Total		1352,3		1192,8		1148,7
Tratamiento:	Madera descompuesta					
Repetición:	3					
Día de recolección:	04/10/2021		06/10/2021		08/10/2021	
		Peso neto de		Peso neto de		Peso neto de
Tipo de recipiente	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos	Cantidad	residuos
		(kg)		(kg)		(kg)
Baldes	104,0	904,5	68,0	662,5	68,0	635,5
Tachos	5,0	348,75	5,0	358,6	5,0	389,7
Sacos	10,0	217,9	6,0	153,1	8,0	214,7
Basura		-53		-40,6		-27,4
Total		1418,2		1133,6		1212,5

Tabla 12. Datos de residuos recolectados para aplicar el tratamiento 3 (raíces)

Tratamiento:	Raíces		
Repetición:	1		
Día de recolección:	09/08/2021	11/08/2021	13/08/2021

Tipo de recipiente	Cantidad	Peso neto		Peso neto		Peso neto	
		de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad
Baldes	98,0	802,1	61,0	462,1	72,0	538,5	
Tachos	5,0	350,5	5,0	322,4	5,0	321,0	
Sacos	13,0	491,3	8,0	293,5	4,0	138,2	
Basura		-38,5		-47,3		-26,0	
Total		1605,3		1030,7		971,7	
Tratamiento:	Raíces						
Repetición:	2						
Día de recolección:	06/09/2021		08/09/2021		10/09/2021		
Tipo de recipiente	Cantidad	Peso neto		Peso neto		Peso neto	
		de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad
Baldes	99,0	929,2	62,0	571,2	83,0	656,9	
Tachos	5,0	342,1	5,0	333,7	4,0	278,8	
Sacos	14,0	350,9	9,0	262,3	13,0	359,1	
Basura		-66		-44,8		-44,4	
Total		1556,2		1122,4		1250,4	
Tratamiento:	Raíces						
Repetición:	3						
Día de recolección:	27/09/2021		29/09/2021		01/10/2021		
Tipo de recipiente	Cantidad	Peso neto		Peso neto		Peso neto	
		de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad	de residuos (kg)	Cantidad
Baldes	101,0	930,5	79,0	554,3	94,0	699,5	
Tachos	5,0	451,7	5,0	344,0	5,0	365,9	
Sacos	8,0	257,5	8,0	320,5	3,0	149,9	
Basura		-77,3		-83,4		-52,3	
Total		1562,4		1135,3		1162,9	

Tabla 13. Datos de temperatura diaria por tratamiento y por repetición

Semana/día		H-R1	H-R2	H-R3	M-R1	M-R2	M-R3	R-R1	R-R2	R-R3
S1	Lunes	22,5	23,2	22,8	23,3	24	23,8	23,7	23,2	23,1

	Martes	24	24,6	23,4	24	24,5	23,8	24,2	23,5	23,1
	Miércoles	23,2	24,1	24,1	22,3	24,4	24	23,5	23,3	23,5
	Jueves	24,1	24,7	24	24,1	25,1	24,2	24	24	24,4
	Viernes	24	23,5	22	23,3	24,8	24,1	22,8	24,5	24,6
	Sábado	26	24,3	25,2	23,8	25	24,4	25,8	24,5	25
S2	Lunes	38	45,3	37,5	36,7	38,2	38,0	39,7	37	40,0
	Martes	44,12	44,4	38	38,7	39	40,0	38,8	37,3	44,0
	Miércoles	44,3	44,7	38,6	38,8	40,2	42,0	38,7	37,5	48,5
	Jueves	44	45	38,9	39,7	41,4	42,5	36,7	38	48,0
	Viernes	44,5	45,8	43	41,6	41	38,0	41,6	38,5	50,0
	Sábado	45	46	45,6	56,0	41,7	44,0	56,0	40	52,0
S3	Lunes	50,2	51	53	58,5	48,2	55	57,7	48	60,4
	Martes	52,4	51,7	53,7	57,7	49	55	47	48,5	61
	Miércoles	55	54	53,8	49	50,9	60	60,2	48,7	61,7
	Jueves	58,2	54,6	54,4	60,2	58	54	60,5	49,7	60,7
	Viernes	60	57	56	60,8	51	60,3	45,2	51,2	58
	Sábado	60,4	57	59	45,0	58,3	51,0	51,0	51,9	58,0
S4	Lunes	50	60	60	39,0	59,5	48,0	43,0	59,2	51,5
	Martes	48	58	59,2	39,0	59,9	45,2	52,0	60,0	50,4
	Miércoles	47,7	57,6	57	38,7	57	42,0	41,0	58,2	50,0
	Jueves	45,5	55	54,6	38,0	57,3	39,0	43,2	55,0	42,0
	Viernes	45	53	54	38,3	42	38,1	42,6	54,7	40,5
	Sábado	43,8	50	53	37	40,5	35	44	54,0	40
S5	Lunes	45	51,1	49	35,5	39	36,8	39,0	43	38,0
	Martes	45	50	51	34,5	35,2	35	39,0	40,6	39,0
	Miércoles	36,3	45,3	49,2	35	33	38	38,0	39,5	40,0
	Jueves	36,3	45	48,2	34,6	32,7	35,5	37,0	39,1	37,2
	Viernes	36	39,4	48	41,2	33	35	38,3	38,8	37,0
	Sábado	35,9	38,8	40	37	33	35,6	38,7	38	40
S6	Lunes	35	38	38,5	36,8	38,1	34,2	38	35	41
	Martes	35,3	37,1	38	36,8	37	32	36,5	35,2	38
	Miércoles	34,6	37	37,1	35	36,7	36,2	35	34,7	36,6

Jueves	34	36,7	37	35,1	35	33,1	24,9	32	30,2
Viernes	33,9	35	36	34	33,8	34	36	31	31
Sábado	31	33	33,7	34	32	32	30	31,3	31
Promedio	40,5	43,4	43,2	38,4	40,0	38,6	39,3	40,2	41,7