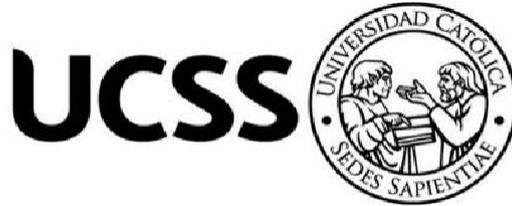


UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Comparación de la calidad del compost resultante del proceso
realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en
el distrito de Jepelacio, región San Martín

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

Jeisy Del Pilar Maldonado Rojas

ASESOR

Richard Junior Vílchez Campoverde

Rioja, Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 012 - 2021/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:30 a. m. del día 20 de febrero de 2021 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Bertha Marcelina Ruiz Jange | presidente |
| 2. Wilson Pérez Dávila | primer Miembro |
| 3. Wilfredo Mendoza Caballero | segundo Miembro |
| 4. Richard Junior Vilchez Campoverde | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín** que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Jeisy Del Pilar Maldonado Rojas** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 20 de febrero de 2021.



Bertha Marcelina Ruiz Jange
PRESIDENTA



Wilson Pérez Dávila
1° MIEMBRO



Wilfredo Mendoza Caballero
2° MIEMBRO



Richard Junior Vilchez Campoverde
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, porque me ha dado inteligencia y sabiduría para cumplir con mi desarrollo profesional. A mi mamá Betzy Rojas Salas, quien ha sido para mí un gran ejemplo de perseverancia, por brindarme la confianza y hacer que valga la pena todos los días.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la paciencia, fortaleza para no rendirme y por hacer que logre mi proyecto de vida.

A mi madre que ha formado parte del proceso de desarrollo de la presente investigación, por haberme apoyado y motivado a desarrollar el presente estudio.

A mi abuelita que desde un principio me ha brindado su confianza y me apoyo en los momentos más difíciles desde mi formación profesional.

A mis hermanos que de una manera u otra han contribuido en mi proyecto de investigación y quienes cada día me aconsejaron para lograr mis metas.

A los diferentes profesionales que me brindaron su apoyo para el logro de mis objetivos planteados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Perspectiva internacional	3
1.1.2. Perspectiva nacional	7
1.2.1. Manejo de residuos sólidos.....	10
1.2.2. Clasificación de los residuos sólidos	10
1.2.3. Fuentes de generación de residuos sólidos	12
1.2.4. Compostaje de residuos sólidos orgánicos	13
1.2.5. Microorganismos que intervienen en el compostaje.....	13
1.2.6. Factores que afectan el proceso de compostaje	14
1.2.7. Técnicas del compostaje	16
1.2.8. Métodos de compostaje	16
1.2.9. Usos del compost.....	18
1.2.10. Microorganismos eficientes.....	18
1.2.11. Importancia de los microorganismos eficientes.....	19
1.2.12. Microorganismos presentes	20
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1. Diseño de la investigación	23
2.1.1. Lugar y fecha.....	23
2.1.2. Descripción del experimento.....	25
2.1.3. Tratamientos.....	30
2.1.4. Unidades experimentales	30

2.1.5. Identificación de variables y su mensuración.....	30
2.1.6. Diseño estadístico del experimento.....	31
2.1.7. Análisis estadístico de datos.....	32
CAPÍTULO III: RESULTADOS	33
3.1. Contenido de nitrógeno total (N_{total}), carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) entre tratamientos.....	33
3.2. Comparación en tiempo de descomposición de los tratamientos.....	41
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	43
4.1. De los resultados del contenido de del nitrógeno total (N_{total}), carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) entre tratamientos	43
4.2. Comparación en tiempo de descomposición de los tratamientos.....	48
CAPITULO V: CONCLUSIONES	49
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	53
TERMINOLOGÍA	64
APÉNDICES	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Fuente de generación de los residuos según la gestión no municipal</i>	12
Tabla 2. <i>Descripción de tratamientos</i>	30
Tabla 3. <i>VARIABLES de estudio y mensuración</i>	31
Tabla 4. <i>Estadísticos descriptivos del nitrógeno total, relación C/N, P₂O₅ y K₂O</i>	34
Tabla 5. <i>Análisis de varianza para el nitrógeno total en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	36
Tabla 6. <i>Comparaciones múltiples para nitrógeno total en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	37
Tabla 7. <i>Análisis de varianza para el contenido de la relación C/N en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	37
Tabla 8. <i>Comparaciones múltiples para el contenido de la relación C/N en el compost a base de microorganismos eficientes natural, comercial y sin ninguno de ellos</i>	38
Tabla 9. <i>Análisis de varianza para el porcentaje de P₂O₅ en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	38
Tabla 10. <i>Comparaciones múltiples para el porcentaje de P₂O₅ en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	39
Tabla 11. <i>Análisis de varianza para el porcentaje de K₂O en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	40
Tabla 12. <i>Comparaciones múltiples para el porcentaje de K₂O en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos</i>	40
Tabla 13. <i>Descomposición de compost con MEC en tiempo calendario</i>	41
Tabla 14. <i>Descomposición de compost con MEN en tiempo calendario</i>	42
Tabla 15. <i>Descomposición de compost sin ME en tiempo calendario</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
<i>Figura 1.</i> Etapas de descomposición del compost.....	15
<i>Figura 2.</i> Ubicación del distrito de jepelacio – área de estudio.	24
<i>Figura 3.</i> Selección de residuos orgánicos para las pilas de compostaje	26
<i>Figura 4.</i> Preparación de microorganismos eficientes comerciales y naturales.....	27
<i>Figura 5.</i> Formación de pilas de compostaje.....	28
<i>Figura 6.</i> Medición de la temperatura de las pilas de compostaje.....	29
<i>Figura 7.</i> Medias para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación c/n, P ₂ O ₅ y K ₂ O.	35
<i>Figura 8</i> Q-Q plot para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P ₂ O ₅ y K ₂ O.....	36

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Resultados de los análisis físico químicos del material compostado (PEAM, 2019).....	66
Apéndice 2. Registro fotográfico del proceso de elaboración del compost.....	70
Apéndice 3. Registro de medición de temperaturas y humedad.....	75
Apéndice 4. Box plot para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P ₂ O ₅ y K ₂ O	76

RESUMEN

En el presente estudio se realizó una comparación entre la calidad de compost que se producen utilizando microorganismos eficientes comerciales (MEC) y microorganismos eficientes naturales (MEN) de los residuos sólidos orgánicos que se generan en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, región San Martín. Se instalaron pilas composteras con un volumen de 0.9 m³ de residuos orgánicos domiciliarios, a los cuales se inoculó MEC y MEN, mientras que a la pila testigo no se inoculó microorganismos eficientes (ME). La investigación se desarrolló en cinco fases: la primera consistió en la preparación de microorganismos comerciales y naturales, dejando reposar por un periodo de 15 días, hasta lograr la fermentación. La segunda, consistió en recolectar residuos sólidos orgánicos provenientes de los domicilios, lo cual se transportó hacia la planta de valorización de residuos sólidos de la ciudad; para la tercera fase se armó las pilas de compost; en la cuarta, se aplicó los MEC y MEN sobre las pilas de compost; y por último se realizó el monitoreo continuo de las pilas de compost mediante la medición de la temperatura, humedad, tiempo de descomposición). Para el análisis estadístico de datos, se utilizó el método de análisis de varianza (ANOVA) y para evaluar las diferencias de medias estadísticas de los tratamientos se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, por medio del *software* R 3.6.0. Como resultados, el tratamiento con MEN obtuvo 0.4057 % de nitrógeno total, 13.234 % de relación C/N, 0.0325 % de fósforo (P₂O₅), 0.4213 % de potasio (K₂O) y 31 días de maduración del compost; por otro lado, el tratamiento con MEC obtuvo 0.3260 % de nitrógeno total, 14.637 % de relación C/N, 0.0382 % de fósforo (P₂O₅), 0.4337 % de potasio (K₂O) y 28 días de maduración del compost. Se llegó a la conclusión de que el compost con mejor calidad fue la que se generó utilizando microorganismos eficientes comerciales (MEC).

PALABRAS CLAVES: residuos sólidos orgánicos, microorganismos eficientes comerciales, microorganismos eficientes naturales, compostaje, compost.

ABSTRACT

In the present study, a comparison was made between the quality of compost that was produced using commercial efficient microorganisms (MEC) and natural efficient microorganisms (MEN) of the organic solid residues that are produced in the Jepelacio district, Moyobamba province, San region. Martin. Composite piles with a volume of 0.9 m³ of household organic waste were installed, to which MEC and MEN were inoculated, while the control cell was not inoculated with efficient microorganisms (ME). The investigation was established in five phases: the first one consisted of the preparation of commercial and natural microorganisms, leaving them to rest for a period of 15 days, until fermentation was achieved; in the second, organic solid waste from the homes was collected, which was transported to the district's solid waste recovery plant; For the third phase, the compost piles were assembled; in the fourth, the MEC and MEN were applied to the compost piles; and finally, continuous monitoring of the compost piles (measurement of temperature, humidity, decomposition time) was carried out. For statistical analysis of data, verify the analysis of variance method (ANOVA) and to evaluate the differences in the means of the treatments, verify the Kruskal – Wallis, using software R 3.6.0. As results, the treatment with MEN obtained 0.4057 % of total nitrogen, 13.234 % of C / N ratio, 0.0325 % of phosphorus (P₂O₅), 0.4213% of potassium (K₂O) and 31 days of maturation of the compost; On the other hand, the MEC treatment obtained 0.3260 % of total nitrogen, 14.637 % of C / N ratio, 0.0382 % of phosphorus (P₂O₅), 0.4337 % of potassium (K₂O) and 28 days of maturation of the compost. It was concluded that the best quality compost was the one that was generated using commercial efficient microorganisms (MEC).

KEYWORDS: organic solid waste, commercial efficient microorganisms, natural efficient microorganisms, composting, compost.

INTRODUCCIÓN

El manejo de residuos sólidos se ha convertido en una actividad de gran importancia, debido a que guarda una relación estrecha con la pobreza, enfermedades y contaminación del ambiente, representando en unidad, pérdidas de oportunidades para el desarrollo de una nación. El mal manejo de estos, representa un carácter invasivo y acumulativo en el ambiente, convirtiéndose en un problema para la sociedad (Guzmán y Macías, 2012). Para revertir esta situación, se debe consolidar la gestión integral de residuos mediante una planificación estratégica de la gestión de residuos sólidos en municipales, de tal manera se cumpla las metas y los planes de acción adoptadas (Yoo y Yi, 2015).

El distrito de Jepelacio, viene consolidándose como el principal centro de operaciones de diversas actividades económicas, a diferencia de otros distritos. Sin embargo, estas actividades han generado el crecimiento poblacional y el consumo de productos que ha dado lugar a la acumulación de residuos en espacios públicos y botaderos, trayendo consigo problemas ambientales. Desde el año 2015 la Municipalidad Distrital de Jepelacio viene realizando mejoras sobre la caracterización residuos sólidos, convirtiéndose en la actualidad como un distrito modelo en la gestión integral de residuos sólidos municipales, como la transformación de residuos sólidos orgánicos en compost y humus mediante el uso de lombrices rojas californianas (Municipalidad Distrital de Jepelacio, 2018a).

En base a lo mencionado y buscando las mejoras en las tecnologías y registros de datos en el proceso de compostaje con aplicación de microorganismos eficientes naturales (MEN), se realizó el presente estudio con la finalidad de comparar la calidad del compost utilizando los microorganismos eficientes comerciales (MEC). Además, el presente estudio involucró tres aspectos importantes: (a) punto de vista práctico, porque cuenta con un espacio donde se procesa compost; (b) punto de vista social y ambiental, porque ayudaría a resolver los problemas que tiene la población con los desechos orgánicos, minimizándolos y creando un impacto social sustentable para el desarrollo de la población; y (c) económico, porque la cantidad de microorganismos comerciales dura un periodo de 2 meses, por lo que, se refleja en gastos continuos económicos por parte de la municipalidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Comparar la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de nitrógeno total (N_{total}), relación carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) del compost producido por microorganismos eficientes comerciales y microorganismos eficientes naturales.
- Determinar las diferencias entre los tiempos de descomposición del compost orgánico utilizando microorganismos naturales y microorganismos eficientes comerciales

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Perspectiva internacional

Jodar *et al.* (2017) estudiaron la calidad del compost elaborado a partir de residuos sólidos urbanos; para lo cual investigaron el contenido de nutrientes minerales: potasio, calcio, magnesio, sodio, zinc, manganeso, cobre, hierro, níquel, cromo y plomo. Los compost fueron preparados en una planta piloto utilizando el sistema de pila giratoria. La temperatura fue utilizada como parámetro de seguimiento para seguir el progreso del compostaje, que experimentó la tendencia típica de las mezclas de compostaje de residuos sólidos urbanos. Se determinó la humedad de las muestras de compostaje después de secar a 105 ° C durante 12 h. Se analizaron los siguientes elementos: K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu, Fe, Ni, Cr y Pb. Las muestras se quemaron en horno a 450 °C durante 12 h y las cenizas se disolvieron en concentrado HNO₃, llevándolo a un volumen final de 50 ml con 2 % de HNO₃ (v / v). Las concentraciones de los once elementos estudiados (K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu, Fe, Ni, Cr y Pb) se midieron utilizando un equipo modelo 7500A ICP-MS. Los datos experimentales se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y las separaciones medias se realizaron por la diferencia menos significativa (LSD) en el nivel de significancia de P <0.05, usando el programa Statistix ver. 8. Los resultados mostraron una evolución similar en el contenido de nutrientes minerales de la mezcla de residuos sólidos urbanos. Entonces, el uso de compost de residuos sólidos urbanos representa una herramienta importante para los requerimientos de fertilización para su uso en agricultura.

Camacho y Rojas (2016) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de microorganismos eficientes en residuos orgánicos generados en restaurantes y otros residuos como cartón, aserrín y pastos podados de la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia. Los investigadores basaron el estudio en la introducción de microorganismos eficaces en cuatro tipos de residuos a base de aserrín, pasto, cartón y residuos de restaurantes con el propósito de obtener abonos orgánicos. Durante el proceso evaluaron las siguientes variables: olor, color, formación de hongos, reducción de biomasa, volumen de lixiviados,

tiempo de descomposición y volumen de compost; estas se valoraron semanalmente por tratamiento. Una vez obtenido el compost realizaron pruebas en laboratorio por tratamiento en la Universidad de los Llanos, a fin de identificar unidades formadoras de colonia y presencia de hongos benéficos, para el cual emplearon las técnicas de tinción de Gram y Catalasa. Para llevar a cabo el experimento, emplearon un diseño experimental de cuatro tratamientos integrados por: (T1): pasto, aserrín, residuos de restaurante + microorganismos eficaces, (T2): pasto, aserrín y residuos de restaurante, (T3): pasto, cartón, residuos de restaurante + microorganismos eficaces, (T4): pasto, cartón, residuos de restaurante. De los cuales realizaron dos replicas por tratamiento, totalizando ocho unidades experimentales utilizando un cilindro de 30 litros y los residuos se colocaron en capas de 5 y 28 cm. Los valores obtenidos fueron analizados mediante el análisis de varianza y para la comparación entre tratamientos utilizaron la prueba de Duncan. Como resultado final obtuvieron compost en 11 semanas, la reducción de volumen fue uniforme y descendente, sin embargo, el T3 alcanzó un peso final de compost que osciló en 2 600 kg con 1.8 litros de lixiviado y el menor peso lo obtuvo el T2 con 1 675 kg y 0.5 litros de lixiviado. Los investigadores concluyeron que el uso de microorganismos eficientes sobre residuos sólidos aceleró la degradación significativamente a comparación del compostaje convencional. Así mismo, señalaron que los microorganismos eficientes convierten la materia orgánica en un importante abono orgánico mediante la técnica del compostaje, cuyo proceso es sencillo, favorece el ahorro económico y requiere de poco tiempo.

Daur (2016) estudió la mejora de la calidad del compost en una mezcla de recursos orgánicos, que comprende estiércol de vaca (CM), estiércol de aves (PM) y desechos de cocina (KW) en proporciones de 2: 1: 1 por volumen, estos fueron compostado con microorganismos efectivos (ME) y sin ME. Durante el compostaje, registraron los contenidos de temperatura, pH, carbono, nitrógeno, relación C/N total y ácido dietilentriamino pentaacético (DTPA). El análisis estadístico fue realizado por MStatC. La significancia estadística entre los valores fue probada por la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (<0.05). Los gráficos se crearon con Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, EE. UU.). Los resultados mostraron un rango de temperatura baja (24-24), pH bajo (6.7-7.2) y mayor contenido de N (1.15-1.40) se registraron para Compost con ME en comparación con Compost sin ME. La degradación del carbono también fue más rápida en Compost con ME que en Compost sin ME. La concentración total de

micronutrientes aumentó mientras que su contenido extraíble con DTPA disminuyó durante el compostaje. La concentración total de micronutrientes se incrementó más en las muestras de Compost sin ME que en Compost con ME. Sin embargo, la disminución del contenido extraíble con DTPA fue similar en ambos compost. El aumento en el contenido de micronutrientes se atribuyó a la disminución del peso de la materia orgánica, mientras que la disminución de los micronutrientes metálicos se atribuyó a la formación de complejos de materia orgánica-metal durante la descomposición.

Naranjo (2013) realizó una investigación en una finca de la ciudad Cantón de Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador, cuyo objetivo fue acelerar la descomposición de materia orgánica utilizando distintos microorganismos eficaces para la obtención de compost. Para su estudio aplicó un diseño experimental con enfoque cuantitativo. Los residuos orgánicos que utilizó fueron a base de estiércol de vacuno, residuos vegetales de alfalfa y otro tipo de pajas que fueron picados manualmente. Las soluciones de microorganismos que usó fue base de microorganismos eficaces locales capturado mediante trampas en un bosque y activados con suero de leche, melaza, yogurt y torta de soya; toda la solución la completó con agua hasta cubrir 20 litros y lo guardó en reposo por 12 días y la otra fue comercial (Compost Treet) quien las incorporó con una bomba manual al inicio del armado de las pilas de compostaje; así mismo, los volteos lo ejecutó cada tres días. Las variables que investigó fueron: tiempo de obtención de compost, peso de compost, número de colonias, propiedades químicas del compost y costo beneficio de la técnica empleada. Los tratamientos que empleó fueron los siguientes: (T1): 10 cc microorganismos locales/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T2): 20 cc microorganismos locales/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T3): 30 cc microorganismos locales/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T4): 10 cc microorganismos comercial Compost Treet/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T5): 20 cc microorganismos comercial Compost Treet/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T6): 30 cc microorganismos comercial Compost Treet/diluido en 10 l de agua + residuos orgánicos, (T7): residuos orgánicos sin microorganismos eficientes. Para el cual empleó un diseño de bloque completo al azar, mediante un arreglo factorial de $2 \times 3 + 1$, totalizando seis tratamientos más un testigo. De cada tratamiento realizó tres repeticiones, siendo un total de 21 unidades experimentales. Los valores cuantitativos alcanzados fueron analizados mediante el análisis de varianza al 5 % y para la comparación de medias entre tratamientos utilizó la prueba de Tukey al 5 %. Los principales resultados que alcanzó

fueron: las pilas inoculadas con microorganismos eficaces Compost Treet mejoró las variables de estudio, con un tiempo de obtención de compost a los 90.7 días, mejor presencia de bacterias y hongos benéficos, 0.34 g/kg de fósforo en compost, mientras que, las dosis de 30 cc/10 l de ambos productos alcanzó los resultados más óptimos, al degradar los residuos en 86.5 días, 1.13 % de N, 0.219 g/kg de P, 0.72 % de K, 24.6 % de materia orgánica y mejor presencia de bacterias y hongos benéficos. Sin embargo, el T6 logró un menor tiempo de obtención de compost (83 días), mejor contenido de P con 0.43 g/kg de compost y un excelente costo beneficio, siendo económicamente más rentable. La investigación concluyó que la aplicación de 30 cm/10 l de microorganismos eficientes es la más ideal para descomponer residuos a un menor tiempo mediante la técnica de compostaje, además, esta dosis mejora las condiciones del compost.

Sancllemente y García (2011) realizaron un estudio basado en la utilización de melaza y microorganismos eficientes para descomponer residuos de caña de azúcar. El objetivo fue estimar el nivel de descomposición de los residuos de hojarasca de caña de azúcar mediante el compostaje, con la agregación de melaza y microorganismos eficaces. El estudio fue experimental con enfoque cuantitativo. La investigación lo ejecutaron en el invernadero de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Los residuos de caña fueron picados manualmente y como complemento agregaron compost de bovinaza. Las variables que evaluaron fueron: porcentaje de humedad semanal, tasa de descomposición y porcentaje de descomposición; para el cual propusieron los siguientes tratamientos: (T1): residuos de caña de azúcar + 0.1 l de agua, (T2): residuos de caña de azúcar + 0.1 l de melaza, (T3): residuos de caña de azúcar + 0.1 l de microorganismos eficientes, (T4): residuos de caña de azúcar + 0.05 l de melaza + 0.05 de microorganismos eficientes. De cada tratamiento realizaron cuatro repeticiones haciendo 16 unidades experimentales, cada unidad consistió en una bolsa negra estilo vivero con capacidad de 1 kg, a los cuales añadieron abono tipo compost de bovinaza y los residuos de hojas de caña troceadas. Los resultados fueron evaluados mediante el análisis de varianza y los promedios estadísticos entre tratamientos mediante la prueba de Duncan para el cual utilizaron el software estadístico SAS (Statistical Analysis Software) ver. 9.1. Los resultados que obtuvieron los investigadores fueron que el promedio de humedad de los tratamientos osciló en 76.0 %. En la tasa de descomposición el T3 logró la mayor descomposición con 0.355 g/Sna, seguido por el T4, T2 y T1 cuyos valores de fluctuaron en 0.343, 0.327, 0.272 g/Sna; no existiendo diferencias significativas. Sin

embargo, el T3 logró una descomposición de 57.17 % con respecto al testigo que logró tan solo 43.4 %. Concluyendo que la presencia de melaza activa significativamente los microorganismos presentes en el compost de bovino aumentando la descomposición, sin embargo cuando se ha agotado este carbohidrato disminuye o se cortan; en tanto, los microorganismos eficaces sin presencia energética el proceso se hace lento y también se incrementa los costos.

1.1.2. Perspectiva nacional

Montero (2019) en su investigación sobre la elaboración de compost con materia orgánica generada en los mercadillos de Cayhuayna, Huánuco tuvo como objetivo principal realizar una evaluación de la eficacia de los microorganismos eficientes en la producción de compost de los residuos orgánicos que se generaban en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, Huánuco. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance explicativo y un diseño tipo experimental. La población estuvo conformada por residuos orgánicos provenientes de cuatro mercadillos de Cayhuayna, haciendo un total de 3 200 kg. La presente investigación, estuvo conformado por dos tratamientos y un testigo. El testigo T0 estuvo conformado por residuos orgánicos sin ME, el segundo tratamiento T1 estuvo conformado por la combinación de proceso de residuos orgánicos + ME naturales y el tercer tratamiento T2 conformado por la combinación del proceso de residuos sólidos orgánicos + ME comerciales. La metodología fue realizar análisis fisicoquímicos (N, P, K, pH) y medir el tiempo de descomposición de las camas composteras. Entre los principales resultados obtuvo que los tratamientos con ME (TA) fueron los más eficaces en todos los parámetros evaluados, además obtuvo el menor tiempo de maduración del compost con 45 días, a comparación del tratamiento sin ME (TB), y que existía una diferencia significativa alta con un p valor de 0.004 entre el TA y TB. El autor concluyó que los microorganismos eficientes son eficaces en la descomposición de la materia orgánica, ya que acelera el tiempo de descomposición y mejora la calidad del compost en macro y micronutrientes.

Machaca (2017) en su investigación realizada sobre la elaboración del compost en Tacna, determinó la “influencia del uso de microorganismos eficientes en el tiempo de elaboración del compost a partir de residuos sólidos orgánicos provenientes de mercados”. La investigación fue experimental y de diseño estadístico completamente al azar con tres

tratamientos siendo estos: (T1): muestra patrón, (T2): residuo orgánico + estiércol de res + EM al 5 %, (T3): y residuo orgánico + estiércol de res + EM al 10 %. De cada tratamiento se realizaron tres repeticiones totalizando nueve unidades experimentales representadas por camas composteras. Los residuos orgánicos fueron provenientes de tres mercados de Tacna. La metodología fue realizar análisis fisicoquímicos al compost generado en cada tratamiento: humedad, mediante el método de la estufa; pH, mediante el pH-metro, nitrógeno total, mediante el método macro de Kjeldahl; fósforo, mediante el método Olsen y potasio, mediante el método de extracción con acetato de plomo. Los datos fueron tratados mediante el análisis de varianza, y para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 95 % de confianza, para ello, utilizó el *software* SPSS versión 18. Los resultados principales evidenciaron que el tratamiento T3, fue el más eficaz en tiempo de obtención de compost con 49 días. Respecto a los demás tratamientos; de igual manera hubo diferencias significativas y altamente significativas con respecto a los análisis de N, P, K y relación C/N, siendo los tratamientos T3 y T2 los más eficaces respecto al tratamiento. El autor concluyó que los microorganismos eficaces aceleran la descomposición de residuos orgánicos, reduciendo el tiempo significativamente para obtener compost.

Cajahuanca (2016) realizó una investigación para optimizar el manejo de residuos orgánicos provenientes del campamento de la hidroeléctrica Chaglla en Huánuco utilizando microorganismos eficientes a base de *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp. La investigación fue del tipo experimental con enfoque cuantitativo y trabajó con cuatro tratamientos constituidos por: (T1) residuos orgánicos de compost sin microorganismos, (T2) residuos orgánicos de compost + 5 litros del caldo de inoculación, (T3): residuos orgánicos de compost+10 litros, (T4): residuos orgánicos a compostar + 20 litros del caldo de inoculación. Cabe resaltar que cada tratamiento tuvo su lote de compostaje de 1.69 m². La metodología consistió en reproducir cepas madres de *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp. y someterla a un proceso de compostaje. Los parámetros evaluados fueron el pH, temperatura, humedad relativa, materia orgánica, potasio, fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio. Para el análisis aplicó el análisis de varianza y en la comparación de promedios estadísticos utilizó la prueba de Duncan al 5 %. Como principales resultados alcanzados obtuvo que la descomposición por medio de microorganismos eficientes el tratamiento T4 alcanzó el menor tiempo de descomposición con 32 días, así mismo, este tratamiento presentó los mejores resultados en materia orgánica

con un 85.0 % respecto a los demás; pH de 7.08 y relación C/N de 23.32. El autor concluyó en que el T4 con 20 litros de ME fue altamente significativo para la elaboración de compost.

Soriano (2016) en su investigación elaboración de compost mediante dosis de microorganismos eficaces determinó el tiempo y la calidad de compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces. La investigación fue experimental con alcance básico y enfoque cuantitativo. Aplicó un diseño estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, en la cual instaló camas composteras de 100 x 100 x 30 cm. La población considerada fue el total de compost y como muestra 1 kg de compost para ser analizados por caracterización fisicoquímica como temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, metales pesados, relación C/N, P, K, N, Na y Ca. Para el análisis estadístico de los datos utilizó el ANOVA, y para evaluar las diferencias entre las medias estadísticas de los tratamientos aplicó la prueba de Tukey al 95 % de confianza, siendo procesados en el *software* SPSS ver. 20. En los resultados obtenidos por el investigador da cuenta que, del proceso experimental llevado a cabo con tres tratamientos más el testigo cumplen los parámetros de calidad según la Normativa Técnica Chilena tanto para materia orgánica (MO), nitrógeno y relación carbono: nitrógeno a excepción de metales pesados. Sin embargo, se cumplen los estándares de calidad de abono orgánico de tipo compost e incluido los microbiológicos para los tratamientos T1 y T2 con la Normativa Técnica Colombiana N° 5167, Norma 503-40 CFR de la EPA y de la Organización Mundial de la Salud. Concluyó que el proceso de producción y aplicación de microorganismos eficaces influyó directamente sobre la calidad del compost.

Mansilla (2013) realizó una investigación para determinar la concentración de nutrientes basados en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los residuos orgánicos selectivos provenientes del mercado Ayaymama en la ciudad de Moyobamba mediante la técnica del compostaje. La investigación fue de diseño experimental. Se trabajó con una población de 35 puestos del mercado, generadores de residuos sólidos orgánicos. La metodología consistió en el recojo de residuos orgánicos, para los cuales determinaron: peso, densidad, volumen y humedad, utilizando las variables de acuerdo a los sectores o tratamientos y unidades experimentales siguientes: comidas con 14 UE; frutas y verduras con 17 UE, y juguerías con 4 UE, evaluados. Además, determinaron la concentración de nutrientes N, P,

K, mediante los métodos de Kjeldahl modificado, colorímetro e incinerado respectivamente. Los datos fueron analizados mediante la prueba estadística Duncan al 0.05. En el análisis de varianza y en la prueba de Duncan de la materia orgánica del contenido de N, P, obtuvieron como resultado que no presentaron significancia entre los promedios porcentuales de las categorías de los puestos identificados; el nitrógeno promedio fue de 38 %, el potasio de 0.075 %, fósforo de 0.015 % y la materia orgánica de 34 %. Concluyeron que los residuos orgánicos provenientes del mercado Ayaymama, tuvo las características adecuadas para someterlas a compostaje.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Manejo de residuos sólidos

Están referidas a un conjunto de procesos que articula la participación de los generadores y aquellos que brindan la operatividad técnica, el que involucra la “manipulación, acondicionamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final” (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2001). De forma similar en el Decreto Legislativo N° 1278, 2016, se define al manejo de residuos sólidos como el conjunto de actividades ordenadas y controladas que inicia desde la generación, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos producidos por la actividad humana.

Actualmente la gestión de manejo de residuos sólidos en muchas ciudades del mundo es una dificultad, debido, que esta exige una articulación entre lo económico, social, político e institucional; y es lo que falta, así mismo, por la dinámica constante de crecimiento poblacional, centralismo urbano en principales ciudades, falta de modernización industrial y empresarial, incremento de los patrones de consumo y la mejora del nivel de vida han permitido una mayor generación de residuos que han ido acumulando progresivamente año a año (Ojeda y Quintero, 2008).

1.2.2. Clasificación de los residuos sólidos

Según el Decreto Legislativo N° 1278 (2016), los residuos sólidos reciben distintas clasificaciones, dependiendo de los criterios con los que se evalúan, pudiendo ser de acuerdo

a su origen (comerciales, industriales, hospitalarios, agrícolas, forestales y otros), al manejo que reciben (peligrosos, no peligrosos) o por las autoridades que realizan su gestión (municipales, no municipales). Según la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (2009), clasifica a los residuos sólidos según su origen: residuos domiciliarios, comercial, de limpieza, hospitalario, industrial, de construcción, agropecuario y residuos de actividades especiales; según su gestión: Residuos de ámbito municipal y de ámbito no municipal y según su peligrosidad: Residuos peligrosos y no peligrosos.

a. Residuos peligrosos y no peligrosos

Los residuos peligrosos están referidos aquellos residuos no reciclables con características intrínsecas que representan riesgo alto para la salud y el ambiente. Mientras que los no peligrosos son aquellos residuos generados en cualquier lugar y en ejercicio de actividades que por sus propiedades y manejo no presentan riesgo a la salud y el ambiente (Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

b. Residuos de gestión municipal y no municipal

Los residuos de gestión municipal comprenden los generados en ámbitos públicos privados (domicilio, comercio e instituciones de servicio) cuya encargatura se les ha otorgado a las municipalidades, quienes enmarcan su actividad dentro de una jurisdicción que puede ser urbano y extenderse en lo rural. La intervención municipal en la gestión de estos residuos inicia desde que el generador entrega a los responsables de realizar la recolección o haber fijado puntos estratégicos para el almacenamiento temporal (OEFA, 2014). En tanto, los residuos no municipales son los generados por el desarrollo de actividades cuya gestión no es responsabilidad o no comprende a la administración municipal, más bien su gestión comprende a los generadores o poseedores iniciales. Entre ellos tenemos a los residuos que se generan en el sector: agrícola, ganadero, minero, metalúrgico, hidrocarburo, industrial, entre otros. La responsabilidad de la gestión queda estrictamente ligada a los generadores de los residuos. Dichos residuos deben finalizar en los espacios declarados y autorizados por la entidad competente, debido, que a estos no se les puede otorgar otra utilidad como el reciclado o composteo (Chacin, 2008).

1.2.3. Fuentes de generación de residuos sólidos

a. Residuos de gestión municipal

Para Salazar (2018) y el OEFA (2016) las fuentes de generación se agrupan de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. *Fuente de generación de los residuos según la gestión no municipal*

Tipos	Fuente de generación	Descripción
Residuos de gestión municipal	Doméstico	Latas, residuos orgánicos (verduras, resto de alimentos y otros), papel, botellas de PET y vidrio entre otros.
	Comercial	Papel, cartón, plásticos, embalajes y otros
	Limpieza pública	Podas de jardinería, barrido de calles
	Establecimientos de salud	Agujas, gaza, algodones usados, órganos anatomopatológicos, frasco de suero, férulas, frascos de medicina, colectores, sondas y otros
Residuos de gestión municipal no municipal	Industriales	Hollín, cenizas, vidrios, escorias metálicas, papel, pilas, líquidos químicos, baterías, productos corrosivos y otros
	De construcción	Bolsas de cemento, envases, pedazos de fierro, escombros, pinturas, restos de madera, tubos de fluorescentes, restos de tubos de PVC, retazos cerámicos, elementos prefabricados y otros.
	Agropecuarios	Fracos de insecticidas, plaguicidas, herbicidas, residuos de cosechas, podas y otros
	De instalaciones o actividades Especiales	Aguas residuales, lodos, lixiviados y otros

Fuente. Elaboración en base a Salazar (2018, p.14) y el OEFA (2016, p.9)

1.2.4. Compostaje de residuos sólidos orgánicos

El compostaje es una técnica que consiste en bioconvertir o tratar los residuos sólidos en abono útil para mejorar la estructura y productividad del suelo. Es una práctica de descomposición controlada mediante microorganismos aeróbicos a base de bacterias y hongos que se encuentran de forma natural, quienes se encargan de convertir la materia orgánica en producto de fácil uso y manipulación libre de patógenos por efecto de las altas temperaturas, así mismo, al ser una técnica termófila inhibe las semillas de malezas y descomponen los fitotóxicos (Bernal, 2009; Fornes *et al.*, 2012).

1.2.5. Microorganismos que intervienen en el compostaje

Durante el proceso de compostaje intervienen un conjunto de microorganismos degradadores que muchas veces se encuentran inmersos en los mismos residuos, estos son bacterias, actinomicetos, hongos y protozoos termotolerantes que favorecen la degradación de residuos lignocelulosos y residuos de animales (Farrel y Jones, 2009). Los actinomicetos forman parte de la microflora del compostaje, pertenecen al grupo de bacterias grampositivas son muy importantes, debido a su capacidad celulítica por la cantidad de enzimas que liberan y metabolizan moléculas de residuos recalcitrantes (Tiquia, 2002). En gran parte los microorganismos bacterianos que participan en el compostaje son tolerantes a las altas temperaturas, tal es el caso de los *Streptomyces albogriseolus* y *Streptomyces thermovulgaris* que son los más frecuentes identificados en el compostaje (Chen *et al.*, 2013).

La dinámica o sucesión de una comunidad microbiana dentro del compostaje refleja su capacidad degradativa para la mezcla de compost (Ling *et al.*, 2014). A lo largo del proceso, las variaciones producidas en un microbioma dependen en gran medida de la composición de las materias primas y los suplementos de nutrientes, las condiciones ambientales (ambientales o de prueba) y las interacciones entre todos estos factores. Aquí, las bacterias y los hongos son los microorganismos más abundantes y emergentes durante el compostaje. Los sustratos utilizados y la microbiota involucrada en el proceso tienen una gran influencia en la calidad del compost formado (Villar *et al.*, 2016). Promueven la degradación orgánica dentro del compostaje al liberar varias enzimas hidrolíticas basadas en

sustratos (Echeverría *et al.*, 2012), que rompen las complicadas moléculas estructuradas, formando compuestos solubles en agua (Lee, 2016). Además de metabolizar los orgánicos, producen compuestos simples utilizables que mejoran las posibilidades agrícolas y estabilizan el ecosistema natural cuando se agregan al suelo. Ciertas modificaciones en el proceso que integran agentes de carga como complementos al sustrato (como cáscara de arroz, aserrín, astillas de madera y otros) pueden desarrollar una microbiota eficiente. Esto optimizaría aún más la relación C / N y retendría la calidad de un compost (Zhang *et al.*, 2013).

1.2.6. Factores que afectan el proceso de compostaje

Las etapas de descomposición del compostaje se ve influenciado por diferentes etapas desde la etapa de mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración (Figura 1) y se ve afectado por los factores, clasificados en dos grupos: (i) según la formulación de la mezcla de compostaje, tales como balance de nutrientes, pH, tamaño de partícula, porosidad y humedad; y (ii) dependiendo de la gestión del proceso, como concentración de oxígeno, temperatura, contenido de agua y compactación (Li *et al.*, 2013). Quizás, el control de parámetros como el pH, la densidad aparente, la temperatura, la porosidad, el contenido de nutrientes, la relación C / N, el tamaño de partícula, la humedad y el suministro de oxígeno son cruciales para tener una idea exacta de las condiciones óptimas del proceso deseado. Dentro del compostaje, los microbios requerían C, N, P y K como nutrientes principales (C orgánico degradable) para el suplemento energético y la actividad de desarrollo (Iqbal *et al.*, 2015). Además de los factores declarados, Bernal *et al.* (2009), sugirió que la degradabilidad de los desechos durante el compostaje también puede variar según los componentes químicos de los desechos, la carga natural y la eficiencia microbiana en la matriz del compost. Asimismo, las condiciones ambientales influyeron directamente en la actividad microbiana y la tasa de degradación de la materia orgánica durante el compostaje (Hueso *et al.*, 2012).

Las condiciones climáticas predominantes (temperatura y humedad) del área de estudio también pueden ser relevantes para la misma. Un equilibrio nutricional en forma de una relación C/N óptima es esencial para formular una mezcla de compost eficiente. A medida que el compostaje avanza con el tiempo, las variaciones en la C/N proyectaron la tasa de

degradación orgánica gobernada por la extensión del carbono transformado en CO₂. Idealmente, la relación C/N necesaria se encuentra en el rango de 25:35; afirmando que los que los microorganismos requieren de por lo menos una buena de C/N en las proporciones de 30:1 (Kutsanedzie *et al.*, 2015). No obstante, otros autores refieren que la relación C/N de 20:50 tiene buenos resultados (Petric *et al.*, 2015).

Una relación C/N más alta (en comparación con la recomendada) ralentizó la velocidad de compostaje y reportó deficiencia de nutrientes a la microbiota, debido a la acumulación excesiva de sustratos. Mientras que una relación C/N más bajo resultó en un mayor contenido de N por C (degradable) y nitrógeno inorgánico, que probablemente se pierda como amoníaco por volatilización o lixiviación (Zhang *et al.*, 2016). Posteriormente se liberan diversos compuestos indeseables (como olores y sales) desfavorables para el desarrollo de las plantas (Onwosi *et al.*, 2017). Una tendencia general con una relación C/N disminuida a lo largo del proceso atribuida a una relación más alta de degradación de residuos (carbono) a mineralización (nitrógeno) (Rastogi *et al.*, 2019). Por lo tanto, para “optimizar la relación C/N dentro del compostaje, se recomienda una amplia variedad de agentes de carga como aditivos para los desechos (por ejemplo, aserrín, cáscara de arroz, cáscara de maní y astillas de madera)”. Se sabe que desarrollan una porosidad mejorada en el material de la materia prima y homogeneizan los desechos antes del compostaje (Zhang y Sun, 2016).

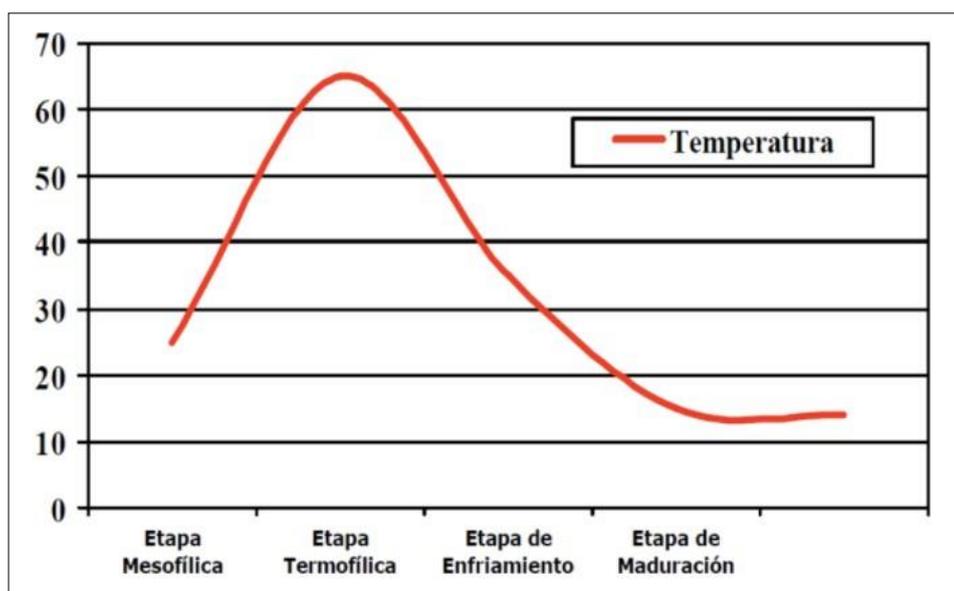


Figura 1. Etapas de la descomposición del compost. Fuente: Nikoloudakis *et al.* (2018)

a. Ventajas e importancia del compost

Con la escalada de la urbanización , existe una mayor demanda de hermosos paisajes en las áreas urbanas. Aunque los fertilizantes químicos optimizan el crecimiento de las plantas y aumentan el rendimiento de los cultivos, esto posteriormente deteriora la salud del suelo a largo plazo. Por el contrario, los fertilizantes orgánicos son fertilizantes de liberación lenta que benefician a las plantas en general al mantener la fertilidad del suelo, minimizar las quemaduras y reducir la lixiviación de productos químicos en la tierra. La aplicación única de un fertilizante orgánico de liberación lenta dura toda la temporada de crecimiento (Sharma *et al.*, 2017). El uso de compost como enmienda orgánica mejora de manera positiva la fertilidad del suelo en las actividades biológicas y enzimáticas en particular en sistemas agrícolas intensivos (Scotti *et al.*, 2015).

1.2.7. Técnicas del compostaje

La técnica de compostaje ha sido practicada por lo antiguos agricultores debido que ha sido una herramienta versátil y beneficiosa para biodegradar los residuos sólidos orgánicos, cuyo producto ha sido utilizado en la agricultura y la horticultura como acondicionador y abono para el suelo. Un ejemplo del uso de esta técnica y aplicación en sus cultivos fueron los chinos, quienes utilizaron los subproductos de cosechas, basuras y lodos, quienes los bioprocesaron; y el producto lo aplicaron a sus cultivos a fin de obtener mejores niveles productivos (Dalzell *et al.*, 1991). A pesar de existir distintas técnicas de compostaje, al momento no se han desarrollado todas las pautas para tener un control eficiente para promover un compostaje con fines comerciales (Yáñez *et al.*, 2007). Es por eso que muchos autores exhortan un control exhaustivo en todas las etapas del compostaje, debido que el descuido en una etapa puede significar problemas que obstaculizan su normal continuidad (Escobar *et al.*, 2012).

1.2.8. Métodos de compostaje

a. Compostaje en contenedores

Es aquel compostaje que se desarrolla en un contenedor cualquiera que sea el material, ya se plástico, madera, metal; además la forma varía según el interesado, siempre manteniendo

estructuras abiertas y orificios para que se ventile naturalmente. Este proceso abarca mucho tiempo de entre seis meses a más, debido a que se mantiene de manera natural, en todo caso, se podría acelerar el proceso con componentes orgánicos naturales o comerciales, además de triturar los residuos orgánicos (Camacho y Rojas, 2016). Según Romero-Yan *et al.* (2015) la elaboración de compostaje en contenedores tiene resultados eficientes, debido que hay una disminución de amoníaco y aumenta los nitratos y el nitrógeno total. Así mismo, hay una activación biológica del compost, mejor contenido de nitrógeno y el tiempo de obtención de compost oscila en 87 días.

b. Compostaje revuelto

El compostaje revuelto se puede utilizar para los residuos del jardín, de la cocina, o ambos, siendo el reciclaje de residuos orgánicos de diferentes tipos los ideales para el proceso de compostaje. Esta es una alternativa para el manejo de residuos sólidos orgánicos que son vertidos a los rellenos sanitarios o vertederos (Marango *et al.*, 2007). Los microorganismos que actúan mediante el compostaje revuelto se ven favorecidos, debido que se les proporciona el suficiente oxígeno que les permite trabajar de forma acelerada produciendo calor llegando hasta los 66 ° C, como signo del trabajo que realizan. Cuando hay un descenso de temperatura se realiza el volteo nuevamente de la pila el que incorpora materia que todavía no se descompone, además capta más oxígeno e inicia a elevarse la temperatura. Este proceso de volteo se realiza secuencialmente hasta obtener el compost; el tiempo que lleva este procedimiento es de un mes aproximadamente. En el tiempo que transcurre hasta alcanzar el compost hay una sucesión de microorganismos, sin embargo, su mantenimiento depende de la estabilidad en que se mantenga la temperatura, la aireación, pH y los microorganismos eficaces (Laich, 2011; Morales y Peláez, 2010).

c. Compostaje en contenedor comercial

Existen composteras disponibles en el mercado. Estas unidades, ya sea estáticas o giratorias, se colocan en el suelo, de esa manera, los microorganismos y gusanos ingresan para la descomposición y generación de compost más adelante. El proceso dura entre 6 meses a un año, dependiendo del tipo de residuos que ingresen, cabe recalcar, que lo ideal es que se coloquen pilas de residuos con contenido de humedad buena, y luego residuos secos como hojas o grama seca (Camacho y Rojas, 2016).

La mejor manera de darle un buen aprovechamiento a estos contenedores, es tener varios, ya que una vez que un contenedor haya generado compost, se procede al siguiente, de manera continua, obteniendo compost durante todo el año; sin embargo, para la funcionalidad de este tipo de composteras es necesario la participación responsable de los generadores de los residuos, mediante una adecuada disposición. De lo contrario afectaría si se genera una mezcla entre metales, vidrio, papel y los orgánicos; el proceso se haría lento y no se justificaría la presencia de gran cantidad de contenedores (Chacin, 2008).

1.2.9. Usos del compost

El compost posee una utilidad versátil, debido, que es una materia orgánica estabilizada, su aplicación está orientada a mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo; así mismo, es un excelente estabilizador y recuperador de suelos degradados. Al usar el compost disminuye el uso de agroquímicos y se reduce los impactos ambientales negativos favoreciendo mayor porosidad, permeabilidad, humedad y el suelo se vuelve más esponjoso brindando las condiciones adecuadas para los cultivos agrícolas (Porta, 1999). Es recomendable dejar un lapso de tiempo entre el suelo abonado y la siembra para garantizar una buena estratificación del compost y sus componentes en el suelo (Palmero, 2010).

1.2.10. Microorganismos eficientes

El Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú [APROLAB] (2007), los define como el conjunto de múltiples microorganismos benéficos para la aceleración de la descomposición de la materia orgánica, además, para el enriquecimiento del suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, lo que implica una producción de alimentos de buena calidad. Se hace mención de levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido láctico.

Los microorganismos eficaces [ME] son una mezcla de por lo menos 80 especies entre bacterias fototróficas, fotosintéticas, levaduras, productoras de ácido láctico y hongos fermentadores que coexisten y se complementan entre sí en un medio líquido. Su uso está orientado a la degradación de residuos sólidos orgánicos, fijación de nitrógeno, aporte de nutrientes y como medio bioremediador (Hoyos *et al.* 2008). Los ME es una tecnología

impulsada por el investigador Teruo Higa en la década de los años 60, que consistió en una fórmula líquida con distintos microorganismos, cuyo fin fue mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo a fin de optimizar la productividad agrícola (Quispe y Chávez, 2017).

Según Higa (1993) citado por Camones (2015, p. 19) refiere que:

En sus ensayos y experimentos reunió a unas 2000 especies de microorganismos de los cuales 80 mostraron efectos eficaces. Por accidente el doctor colocó una mezcla de los ME en arbustos pequeños y al cabo del tiempo observó un estímulo importante en el crecimiento de los mismos. En el año 1982 el profesor presentó una formulación comercial conocida como ME para el acondicionamiento biológico de los suelos. Como tecnología los ME consisten en el cultivo microbiano mixto de especies de microorganismos seleccionadas los cuales coexisten en un pH aproximado de 3.5.

1.2.11. Importancia de los microorganismos eficientes

Según el Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo Especial de Japón [BID-ATN] (2009), atribuyen que la importancia de los microorganismos eficientes radica en que sirven como inoculantes microbianos, reestableciendo el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando, además, las propiedades físicas y químicas, lo que repercute en la mejora de la producción de cultivos, así como su conservación. Según Romero y Vargas (2017), los microorganismos eficientes, cumplen un rol importante en la agricultura sostenible, asimismo, permiten tratar las aguas residuales domésticas y otras formas de contaminación sobre el recurso hídrico a fin de que estas puedan volver a su ciclo sin perjudicar el ambiente y de aquellos que se benefician.

Los ME una vez en el suelo se multiplican y empiezan a reciclar nutrientes mediante la biodescomposición de residuos existentes y por ende los nutrientes son de fácil disponibilidad para las plantas y cultivos. Otro de los valores importantes que cumplen los ME es que pueden remover o inmovilizar tóxicos de herbicidas y pesticidas a fin de que las plantas limiten su captura (Tanya y Leyva-Mora, 2019).

Dentro de los ME se encuentran los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos solubilizadores de fosfato, debido que, son estimuladores del crecimiento de las plantas. Ocasionalmente una mala fertilización a base de fósforo insoluble permite que se almacenen en el suelo no siendo aprovechados por los cultivos. Estas bacterias benéficas liberan ácidos orgánicos que ocasionan una disolución de los fosfatos insolubles permitiendo su aprovechamiento por la raíz de las plantas (Satyaprakash *et al.*, 2017). Otra importancia que cumple los microorganismos eficientes es que conceden nutrientes de forma directa e indirecta a las plantas. Sin embargo, las condiciones para captarlos de suelo suceden mediante la estimulación del crecimiento de las raíces, en efecto también es necesario la presencia de agua y esto lo obtienen los microorganismos de la planta. En parte de la solubilización de nutrientes ejecutado por las bacterias benéficas como el potasio y el fósforo se adhieren a las moléculas de agua para ser absorbidas (Aung *et al.*, 2018).

Las rizobacterias son microorganismos benéficos contribuyen en la fotosíntesis y estimulan el crecimiento de los vegetales de forma directa mediante las fitohormonas. Por otro lado, favorecen las propiedades fisiológicas aumentando la conductancia estomática, potencial hídrica y transpiración. Mientras que otras rizobacterias acrecientan el aprovechamiento de dióxido de carbono, estimulan la eficiencia carboxílica, aumentan los pigmentos de clorofila y desplazamiento de electrones. Así mismo, hay aportes que atribuyen a las bacterias rizosféricas su participación en las reacciones fotoquímicas de fotosíntesis actuando como controlador ante un ingreso excesivo de energía (Olanrewaju *et al.*, 2017).

1.2.12. Microorganismos presentes

Bacterias ácido lácticas. Son un conjunto de microorganismos que poseen la capacidad de convertir la materia orgánica en otro mediante proceso de fermentación. Sus aplicaciones son varias como el de conservar alimentos, degradar residuos lignocelulosos y fermentados, así mismo, es un supresor de bacterias patógenas (Torres *et al.*, 2015). Estas bacterias liberan ácido láctico cuando consumen azúcares de glucosa y lactosa, las más conocidas y utilizados son las bacterias anaerobias del género *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Pediococcus* (Londoño *et al.*, 2015).

Bacterias fotosintéticas. Son bacterias autótrofas que aprovechan la luz solar para crear su propio alimento, así mismo, se encuentran abundantemente en el suelo y muy cerca de las raíces, aprovechan las secreciones de las raíces, materia orgánica y el calentamiento del suelo como fuente de energía. Utilizan el dióxido de carbono y agua para dar origen a la glucosa del que se alimentan y liberar oxígeno. Los géneros más particulares son el *Rhodobacter*, *Chromatium*, *Rhodospirillum* (Su *et al.*, 2017).

Levaduras. Son un conjunto de microorganismos unicelulares anaerobios, el que incluye especies patógenas y no patógenas. Estas últimas forman parte de los ME que sintetizan diferentes fuentes de carbono. Las levaduras generan condiciones predisponentes para otras bacterias como los actinomicetos, fototróficas y ácido lácticas, así mismo, liberan sustancias bioactivas que facilitan el fraccionamiento celular, también son catalíticas; facilitan la creación de sus propios nutrientes para crecer y emiten exudados que lo aprovechan las plantas. Las principales especies son los *Saccharomyces*, *Candida* y *Kluyveromyces*. Residen comúnmente en pH que oscilan de 4.5 a 6.5 por lo que son sensibles a nitratos y nitritos (Fayemi y Ojokoh, 2014).

Actinomicetos. Son un conjunto de bacterias grampositivos aeróbicos que se caracterizan por poseer filamentos y viven en el suelo. Son cosmopolitas, debido que se desplazan a otros espacios de la superficie del suelo, así mismo, poseen propiedades degradativas de residuos vegetales y animales por eso tienen gran importancia en la tecnología del compostaje. También producen exudados que son captados por las plantas favoreciendo el crecimiento de las plantas, igualmente, favorecen la disponibilidad de hierro para asimilado la fijación de nitrógeno. Estas bacterias producen una serie de metabolitos por lo que actúan como mecanismo de defensa ante bacterias patógenas. Actualmente, las especies de *Strptomyces albus* y *Strptomyces griseus* forman parte de los ME actualmente conocidos (Vurukonda *et al.*, 2018).

Hongos fermentadores. Estos hongos son descomponedores por excelencia por cuyo efecto generan alcohol, esterres y sustancias inhibitoras de bacterias patógenas. Estos hongos también facilitan para que los minerales insolubles se vuelvan asimilables. Se reproducen

ascendentemente cuando las condiciones son adecuadas dado que se caracterizan por reproducirse de forma sexual y asexual (Yang *et al.*, 2017). Entre las principales especies se encuentran el *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, y *Trichoderma sp* que se adecuan a ambientes ácidos y de estrés hídrico (El-Gendy *et al.*, 2017).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La presente investigación fue de tipo experimental, porque comparó la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales. Según Baena (2017), la investigación experimental está sujeta a la manipulación de variables frente a estímulos y situaciones controladas, con el objetivo de conocer el comportamiento de situaciones particulares que se producen durante la experimentación. Además, esta investigación fue aplicada debido a que abordará principios básicos del conocimiento científico para responder a preguntas y de esa manera aportar al conocimiento científico (Cortés y Iglesias, 2004). El enfoque fue cuantitativo porque se recolectaron datos numéricos por variables y registrados en una ficha de apuntes. Según Hernández *et al.* (2014), el enfoque cuantitativo permite probar hipótesis que mediante la estadística serán analizados asumiendo un control y precisión a fin de orientar los resultados y comportamientos obtenidos.

2.1.1. Lugar y fecha

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el interior de un área de 40 000 m² de la Municipalidad Distrital de Jepelacio, distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba y región de San Martín con las coordenadas geográficas siguientes: UTM WGS84 Norte 9324483 y Este 288070 (Figura 2). Es el distrito con mayor densidad poblacional con 66.68 Hab/Km², en cuanto a las unidades climáticas están marcados por una época de verano de período corto con altas temperaturas, mientras que el invierno posee mayor tiempo y constantemente está lloviendo que va acompañando con nubosidad. La temperatura durante el año fluctúa entre 16 a 28 ° C y de manera eventual en época de verano llega a los 31 ° C. La ciudad está ubicada a 1 466 metros de altitud. El distrito de Jepelacio tiene una extensión de 36 298.10 ha, cuyos límites son; cuyos límites es con la provincia de Moyobamba por el Norte, las provincias de Huallaga y el Dorado en el Sur, provincia de Lamas por el Este y

por los distrito de Yántalo, Calzada, Habana y Soritor en el Oeste (Municipalidad Provincial de Moyobamba, 2012).

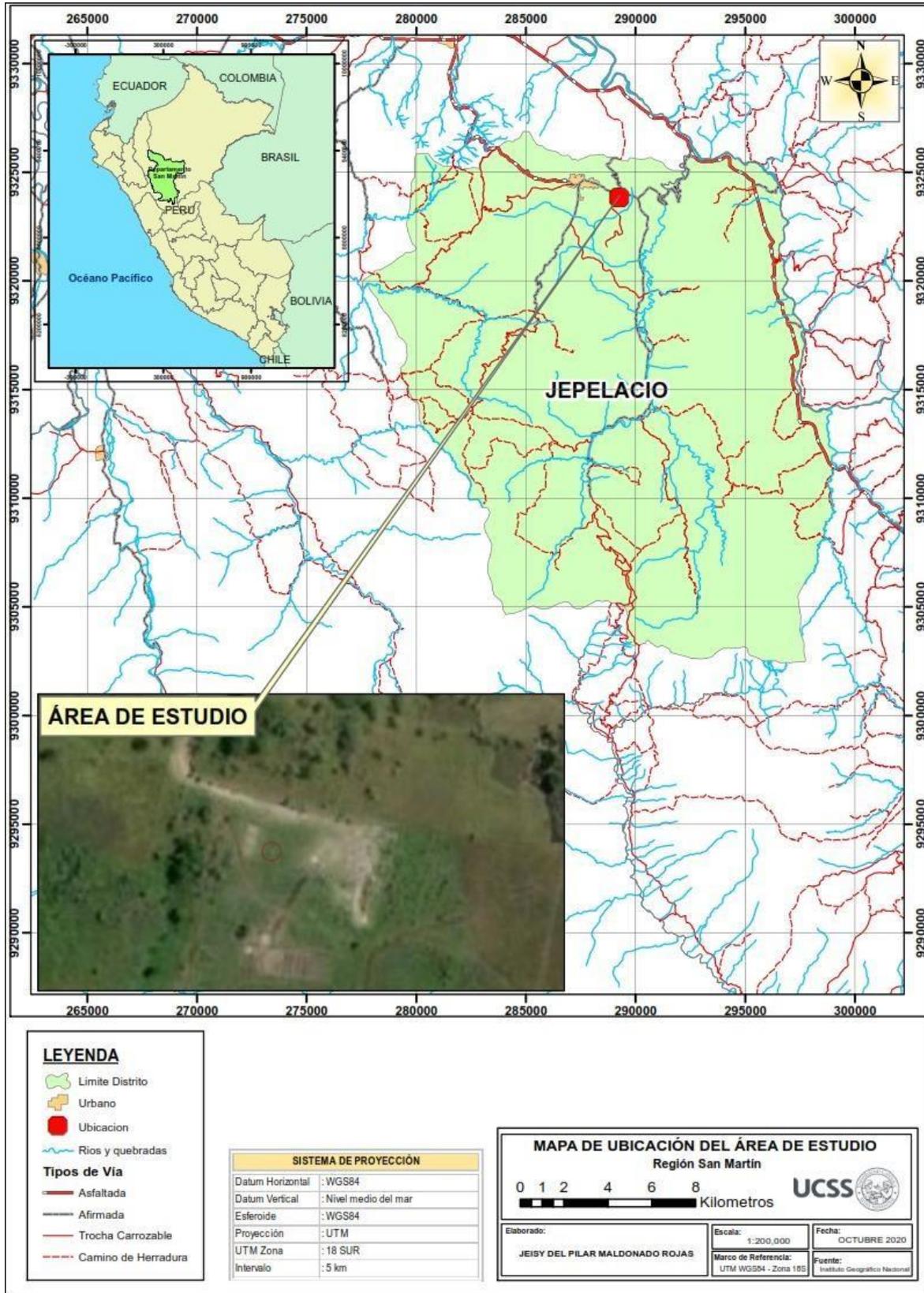


Figura 2. Ubicación del distrito de Jepelacio – área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Descripción del experimento

a. Coordinaciones con el área encargada de residuos sólidos y limpieza pública

En esta etapa se hizo las coordinaciones con la municipalidad del distrito de Jepelacio, mediante un documento formal al Área de residuos sólidos y limpieza pública, para el uso de espacios y desarrollo de la investigación, así como, permisos para la recolección de los residuos orgánicos provenientes de los domicilios y comercios. Finalmente se realizó un plan de trabajo indicando la fecha de recojo de residuos orgánicos, como de la preparación de microorganismos eficientes.

b. Recolección de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Jepelacio

Se recolectó los residuos sólidos en el distrito de Jepelacio usando un vehículo recolector, siguiendo el cronograma establecido. Asimismo, se contó con el apoyo del personal de la planta de tratamiento de residuos sólidos distribuidos en recipientes. En el distrito de Jepelacio se recolecta un total de 88.01 % de materia orgánica, la cual es considerado como la mayor cantidad de residuos sólidos generados en el distrito. La generación per cápita corresponde a un total de 0.45 kg/hab/día, asimismo, tienen una generación de residuos sólidos orgánicos de 1.7 ton/día, una generación mensual de 50 ton/mes y una generación anual de 812 ton. Para el presente estudio se recolectó los residuos generados en un día de trabajo normal de la municipalidad, siendo aproximadamente una tonelada de residuos sólidos, de los cuales se seleccionó los residuos orgánicos cerca al área de estudio.

Los residuos orgánicos fueron trasladados a la planta de valorización de residuos sólidos donde se los colocó en un área de almacenamiento temporal, posteriormente, con el apoyo del personal implementado con sus equipos de protección personal se pasó a seleccionar los residuos para luego amontar en tres pilas por separados (Figura 3).



Figura 3. Selección de residuos orgánicos para las pilas de compostaje. Fuente: Elaboración propia.

c. Preparación de microorganismos comerciales y naturales

Los materiales utilizados en la preparación de microorganismos comerciales fueron: un balde de 20 litros, melaza, suero de leche y un frasco de litro con microorganismos eficientes siguiendo la metodología de Ramírez (2006). El frasco de microorganismos eficientes estuvo contenido de bacterias acidolácticas (*Lactobacillus plantarum* Orla-Jensen), bacterias fototróficas (*Rhodopseudomas palustris* M., *Rhodobacter sphaeroides* V.), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* H., *Candida utilis* H.) y hongos de fermentación (*Aspergillus oryzae* A., *Mugor hiemalis* W.).

En tanto para la preparación de los microorganismos eficientes naturales se utilizó un balde de 20 L, así como los insumos: 5 l de estiércol de ganado vacuno, $\frac{1}{4}$ de levadura, 5 lt de melaza, eritrina, (*Erythrina* sp.) polvillo y 20 lt de suero de leche. El procedimiento consistió en disolver la levadura en agua tibia para acelerar la reacción, permitiendo el crecimiento de los microorganismos; luego se pasó a mezclar el estiércol de ganado fresco con la melaza en el balde de 20 L. Por último, se vertió el suero de leche con la levadura ya disuelta y se procedió a homogenizar la mezcla en el balde de 20 L (Ramírez, 2006), dando inicio al

proceso de reproducción de microorganismos, y por último se rotuló el balde (Figura 4). Y se dejó fermentar por un periodo de 15 días (Apéndice 2).



Figura 4. Preparación de microorganismos eficientes comerciales y naturales. *Fuente:* Elaboración propia.

d. Armado de pilas de compostaje.

En un área de 20 m², se procedió a armar las pilas de compostaje cuyas dimensiones fueron de 1.20 m de altura; 1 m de ancho y 1.5 m de longitud, con un volumen total de 0.9 m³ para cada pila (Apéndice 2), (FAO, 2013). La primera pila estuvo conformada únicamente con residuos orgánicos sin la adición de microorganismos eficientes, la segunda pila mezclado con microorganismos eficientes naturales (MEN) y la tercera pila mezclada con microorganismos eficientes comerciales (MEC).

Para la elaboración de las pilas de compostaje, se procedió a colocar residuos, de material orgánico de aproximadamente 15 cm cada una. La primera capa estuvo conformada por hojas secas de poda, en la segunda capa se colocaron residuos orgánicos frescos como restos

de frutas, verduras, comida, entre otros provenientes de mercados, además de estiércol de res, en la tercera capa se colocó restos de tierra, en la cuarta se colocó restos de poda verdes y secas, sucesivamente se procedió a homogeneizar los residuos y conforme culminaba la formación de las pilas de compost se humedecía homogéneamente (FAO, 2013).

Al finalizar el armado de cada pila, se añadió la solución de microorganismos eficientes comerciales y naturales de acuerdo a cada tratamiento experimental. Así mismo, para facilitar su identificación de cada pila se le colocó un letrero con los códigos (T1, T2, T3). Al finalizar el establecimiento de las pilas de compostaje, se añadieron dosis microorganismos eficientes en una cantidad de 5 litros de ME naturales y 5 litros de ME comercial. Y para realizar la aplicación se utilizó una mochila de fumigar manual. Finalmente, a cada pila experimental se le rotulo (Figura 5).



Figura 5. Formación de pilas de compostaje. Fuente: Elaboración Propia.

e. Monitoreo de las pilas de compost

A fin de observar el avance de descomposición de los residuos orgánicos se realizó trabajos periódicos de dos veces por semana, tales como: tiempo de descomposición (calendario), medición de la temperatura mediante el uso de un termómetro y contenido de humedad mediante el uso de un equipo termohigrómetro; además se procedió a mover las pilas de compost una vez por semana, donde se colocó por dosis de acuerdo a los tratamientos distribuidos considerando la proporcionalidad de los microorganismos dependiendo de la

humedad (Azurduy *et al.*, 2016). La medición de la temperatura se realizó utilizando un termómetro HANNA (Apéndice 2), las mediciones se hicieron los días lunes y jueves a las 12:00 horas, se realizaron dos mediciones por día en cuatro puntos cardinales de la pila de compostaje, introduciendo el termómetro (Figura 6). El promedio de ambas mediciones se anotó en la ficha de registro de temperatura, como se aprecia en el Apéndice 3.



Figura 61. Medición de la temperatura de las pilas de compostaje. *Fuente:* Elaboración propia

La medición de humedad, se realizó de igual manera, los días lunes y jueves, en este caso, se hizo de forma manual, utilizando la “técnica del puño” (ver Apéndice 2), tomando una muestra de material y apretarlo con la mano y estimar la humedad, según las características del material (FAO, 2013). Los datos se anotaron en la ficha de registro de humedad como se aprecia en el Apéndice 3. Una vez que se logró la descomposición de las tres pilas, se procedió el zarandeo del compost generado en cada pila (Apéndice 2). Se colocó tres muestras en bolsas rotuladas por cada pila, y se llevó al laboratorio del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), donde se realizó el análisis químico de las muestras N, P, K, C/N por los métodos Micro Kjeldhl, Olsen modificado y Fotometría de Llama (Azurduy *et al.*, 2016), como se muestra en el Apéndice 1.

2.1.3. Tratamientos

En el presente estudio se trabajó tres tratamientos, los cuales son las pilas de compostaje conformadas por residuos orgánicos (Tabla 2). En cada tratamiento se midieron temperatura y humedad, además de llevar un registro de los días de descomposición y formación de compost.

Tabla 2

Descripción de tratamientos

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción	
		Residuos orgánicos	ME
T0	Testigo	Proceso únicamente de residuos orgánicos.	0 l
T1	MEN	Proceso de residuos orgánicos +	5 l de ME naturales/20 l de agua
T2	MEC	Proceso de residuos sólidos orgánicos +	5 l de ME comerciales/20 l agua

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.4. Unidades experimentales

Por cada tratamiento se realizaron tres repeticiones, haciendo un total de nueve unidades experimentales constituidas por las pilas de compostaje.

2.1.5. Identificación de variables y su mensuración

Para la presente investigación se han considerado una serie de variables, evaluadas de manera independiente (Tabla 3):

Tabla 3

Variables de estudio y mensuración

Variabes	Mensuración	Método
N total	%	Micro Kjeldahl
Relación C/N	%C/%N	%C/%N
P ₂ O ₅	%	Olsen modificado
K ₂ O	%	Fotometría de Llama
Tiempo de descomposición del compost con MEC y MEN	Días	Días calendarios

Fuente: Laboratorio de Análisis Agrícolas de Suelos- Proyecto Especial Altomayo, 2020.

2.1.6. Diseño estadístico del experimento

En el presente estudio se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA), con tres tratamientos (T0, T1 y T2) y tres repeticiones. Debido que el experimento estuvo sometido a condiciones controladas. El modelo estadístico estuvo dado por la siguiente expresión:

El modelo estadístico es: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = Relación C/N, N. total (%), P₂O₅ (%), K₂O (%), observado en el i – ésimo residuo orgánico (ME), en la j –ésima repetición.

μ = Efecto de la media general de la Relación C/N, N. total (%), P₂O₅ (%), K₂O (%).

t_i = Efecto del i – ésimo residuo orgánico (ME)

e_{ij} = Efecto del error experimental en el i – ésimo residuo orgánico (ME), en la j –ésima repetición.

2.1.7. Análisis estadístico de datos

Se ingresó los datos al software estadístico R versión 3.6.0, donde se aplicó el test de normalidad de Saphiro-Wilk, el test de homocedasticidad de Bartlett, el test de independencia de Durbin-Watson y se utilizó el método de análisis de varianza ANOVA y la prueba estadística de Kruscal-Wallis con un nivel de significancia del 5 %.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Contenido de nitrógeno total (N_{total}), carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) entre tratamientos

En la Tabla 4, se visualizan los resultados obtenidos con respecto a las variables contenido de nitrógeno total (N total), relación carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) en los distintos tratamientos experimentales. De los cuales se puede obtener un 0.326 y 0.405 % en nitrógeno total con los microorganismos eficientes comerciales y naturales respectivamente; con un promedio de 0.295 % para el testigo. Para el contenido de C/N se obtuvo 13.234 y 14.636 como promedios con los microorganismos eficientes comerciales y naturales respectivamente, siendo un promedio de 17.11 para el testigo. Para el contenido de fósforo P_2O_5 se obtuvo 0.032 y 0.038 % con los microorganismos eficientes comerciales y naturales respectivamente, siendo un promedio de 0.029 % para el testigo. Para el contenido de potasio K_2O se obtuvo 0.421 y 0.433 % con los microorganismos eficientes comerciales y naturales respectivamente, con un promedio de 0.527 % para el testigo.

Así mismo, las medias para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P_2O_5 y K_2O se observa en la Figura 7 con aplicación de microorganismos eficientes comerciales y naturales y el testigo, donde el mayor contenido de nitrógeno total se obtuvo con aplicación de los microorganismos naturales; mayor relación de C/N sin aplicación alguna de microorganismos (Testigo); mayor contenido de fósforo con aplicación de microorganismos eficaces comerciales y mayor contenido de potasio sin aplicación de microorganismos eficientes.

Tabla 4

Estadísticos descriptivos del nitrógeno total, relación C/N, P₂O₅ y K₂O

Características del compost	Tratamiento	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la		Mínimo	Máximo
					media al 95%			
					Límite inferior	Límite superior		
N. total (%)	Testigo	0.2950	0.0132	0.0076	0.2621	0.3279	0.2800	0.3050
	MEN	0.4057	0.0140	0.0081	0.3709	0.4405	0.3920	0.4200
	MEC	0.3260	0.0125	0.0072	0.2950	0.3570	0.3120	0.3360
Relación C/N	Testigo	17.1110	0.6002	0.3465	15.6200	18.6020	16.4500	17.6220
	MEN	13.2340	0.0367	0.0212	13.1429	13.3251	13.1940	13.2660
	MEC	14.6367	0.2009	0.1160	14.1376	15.1357	14.4290	14.8300
P ₂ O ₅ (%)	Testigo	0.0290	0.0010	0.0006	0.0265	0.0315	0.0280	0.0300
	MEN	0.0323	0.0015	0.0009	0.0285	0.0361	0.0310	0.0340
	MEC	0.0383	0.0012	0.0007	0.0355	0.0412	0.0370	0.0390
K ₂ O (%)	Testigo	0.5273	0.0375	0.0217	0.4341	0.6206	0.4840	0.5500
	MEN	0.4213	0.0327	0.0189	0.3402	0.5025	0.3870	0.4520
	MEC	0.4337	0.0449	0.0259	0.3222	0.5452	0.3820	0.4630

Fuente: elaboración propia.

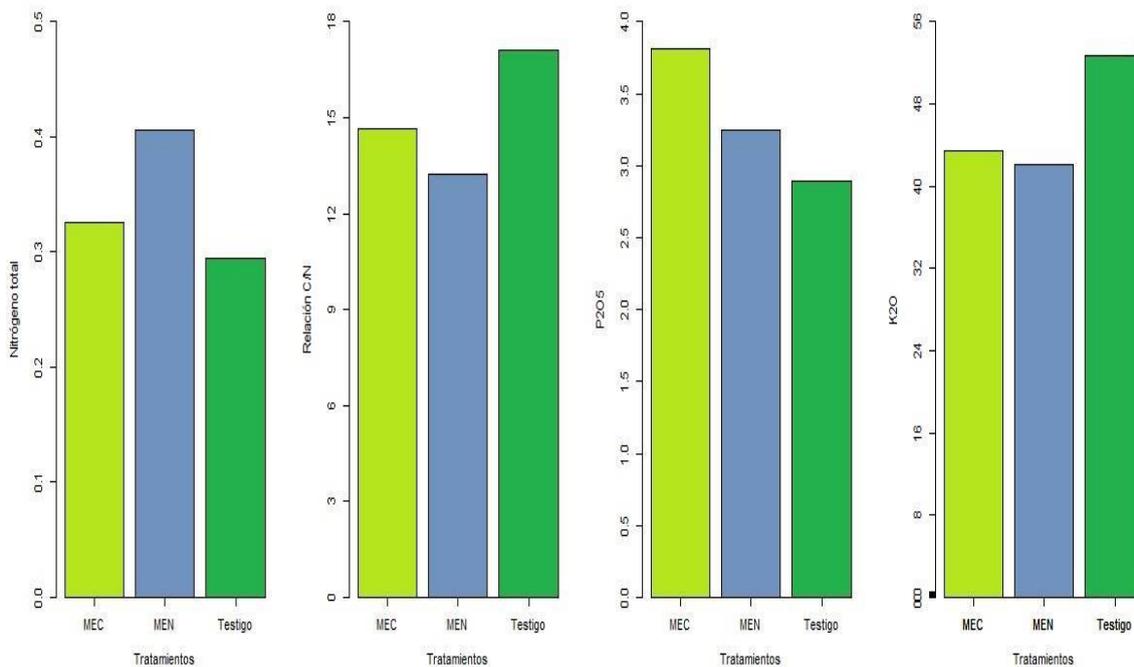


Figura 7. Medias para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P₂O₅ y K₂O

Fuente: Elaboración propia

Nitrógeno total (N_{total})

Mediante el análisis de varianza permitió comprobar la diferencia significativa entre las medias de más de dos grupos. En lo que respecta al promedio del nitrógeno total en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos, existen diferencias significativas (Tabla 5), por lo que se concluye que al menos uno de los tres grupos de compost, existe diferencia promedio en el contenido de nitrógeno total. Por lo tanto, se requiere determinar en cuál de los grupos es diferente.

Tabla 5

Análisis de varianza para el nitrógeno total en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Analysis of Variance Table					
Response: BD\$Ntotal					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	Fvalue	Pr(>F)
BD\$Tratamiento	2	0.0195549	0.0097774	55.624	0.000134 ***
Residuals	6	0.0010547	0.001758		
Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1					

Fuente: Elaboración propia.

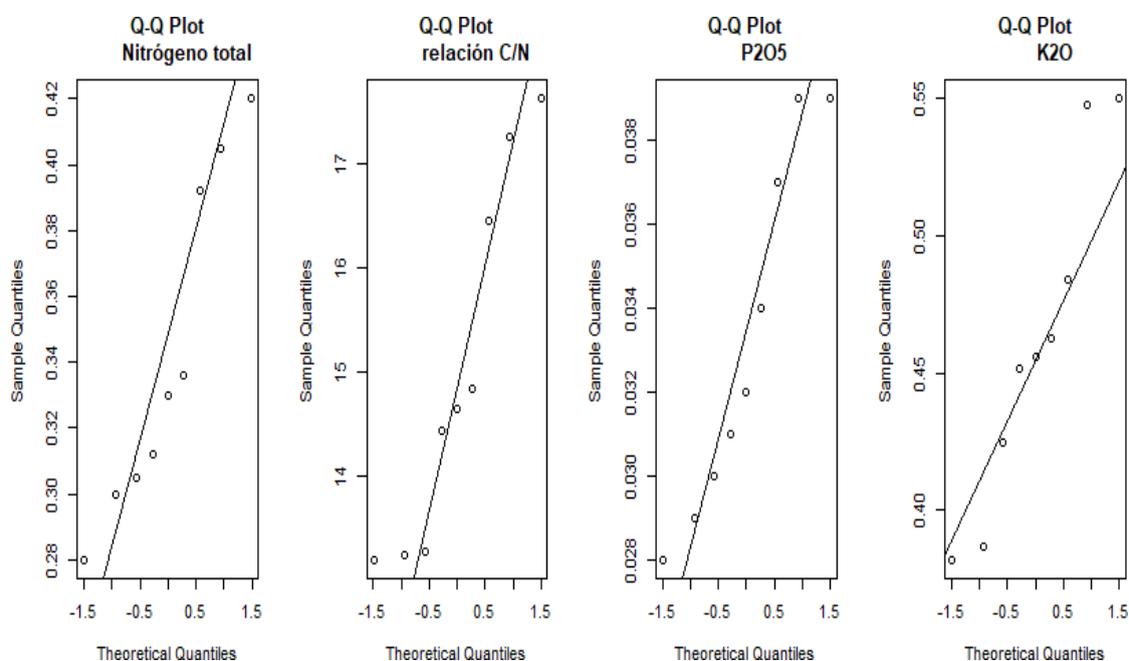


Figura 8. *Q-Q plot para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P₂O₅ y K₂O*

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se verificó que existen diferencias significativas en al menos un grupo de compost a base de microorganismos eficientes naturales (MEC), comerciales (MEN) y sin ninguno de ellos (T). Por lo que, en el análisis de comparaciones múltiples se aprecia de que el contenido de nitrógeno total es diferente entre los grupos de MEC y MEN ($p_{value} = 0.00097 < 0.05$), MEN y T ($p_{value} = 0.00015 < 0.05$).

Tabla 6

Comparaciones múltiples para nitrógeno total en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Pairwise comparisons using t tests with non-pooled SD

Data: BD\$Ntotal and BD\$Tratamiento

	MEC	MEN
MEN	0.00097	-
T	0.08599	0.00015

P value adjustment method: Bonferroni

Fuente: Elaboración propia.

Relación C/N

El análisis de varianza Kruskal-Wallis (Tabla 7), permite comprobar la diferencia significativa entre las medianas de más de dos grupos. En lo que respecta a la mediana de la relación C/N en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos, existen diferencias significativas ($p_{value} = 0.0273 < 0.05$), por lo que se concluyó que en al menos uno de los tres grupos de compost existe diferencia entre las medianas de la relación C/N. Por lo tanto, se requiere determinar en cuál de los grupos es diferente. Para ello se usa las comparaciones múltiples mediante el Test de Dunn (Tabla 8).

Tabla 7

Análisis de varianza para el contenido de la relación C/N en el compost a base de microorganismos eficientes natural, comercial y sin ninguno de ellos

Kruskal-Wallis rank sum test

Data: BD\$`Relación CN`by BD\$Tratamiento

Kruskal-Wallis chi-squared =7.2, df =2, p-value =0.02732

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8, se contrasta que los grupos de compost a base de microorganismos eficientes (MEN) vs el testigo (T) existen diferencias en sus medianas ($p_{value} = 0.0073 < 0.05$), lo

cual indica que el contenido de la relación C/N es mayor en el testigo (sin ME) como se aprecia en la Figura 7.

Tabla 8

Comparaciones múltiples para el contenido de la relación C/N en el compost a base de microorganismos eficientes natural, comercial y sin ninguno de ellos

Dunn (1964) Kruskal-Wallis multiple comparison p-values adjusted with Bonferroni method.

Comparison	Z	P. unadj	P.adj
1 MEC – MEN	1.341641	0.179712495	0.53913748
2 MEC – T	-1.341641	0.179712495	0.53913748
3 MEN – T	-2.683282	0.007290358	0.02187107

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de fósforo (P₂O₅)

La Tabla 9, muestra el promedio del porcentaje de fósforo (P₂O₅) en el compost a base de MEC, MEN, y sin ME, y denotan diferencias significativas ($p_{value} = 0.0003 < 0.05$), por lo que se puede deducir que, en al menos uno de los tres tratamientos de compost, existe diferencia promedio en el contenido de porcentaje de fósforo (P₂O₅). Por lo que, se requiere la determinación de cuál de los grupos es diferente.

Tabla 9

Análisis de varianza para el porcentaje de P₂O₅ en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Analysis of Variance Table

Response: BD\$P₂O₅

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)							
BD\$Tratamiento	2	1.3422e-04	6.7111e-05	43.143	0.0002748 ***							
Residuals	6	9.3330e-06	1.5560e-06									
Signif. codes:	0	****	0.001	***	0.01	**	0.05	.	0.1	'	'	1

Fuente: Elaboración propia.

Al verificarse en la Tabla 9, que existen diferencias significativas en al menos uno de los grupos de compost a base de MEC, MEN y sin ME (T), se procedió a realizar el análisis de comparaciones múltiples (Tabla 10), donde se aprecia que el contenido de porcentaje de fósforo es diferente entre los grupos de MEC y MEN ($p_{value} = 0.0032 < 0.05$), MEC y T ($p_{value} = 0.0003 < 0.05$). Observando de la Figura 7 que el compost con MEC, tiene mayor porcentaje de fósforo (0.0382 %) que el MEN (0.0325 %) y el testigo (sin ME, 0.029 %).

Tabla 10

Comparaciones múltiples para el porcentaje de P_2O_5 en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Pairwise comparisons using t tests with non-pooled SD		
data: BD\$P ₂ O ₅ and BD\$Tratamiento		
	MEC	MEN
MEN	0.00318	-
T	0.00029	0.05089
P value adjustment method: Bonferroni		

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de potasio (K₂O)

De la Tabla 11, se puede inferir que existen diferencias significativas ($p_{value} = 0.0293 < 0.05$) en el promedio del porcentaje de potasio (K₂O) del compost a base de MEC, MEN y sin ME (testigo), por lo que se deduce que, al menos uno de los tres grupos de compost, existe diferencia promedio en el porcentaje de potasio. Para lo cual, se requiere determinar en cuál de los grupos existe diferencia.

Tabla 11

Análisis de varianza para el porcentaje de K₂O en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Analysis of Variance Table

Response: BD\$K₂O

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BD\$Tratamiento	2	0.020162	0.0100808	6.7355	0.02926 *
Residuals	6	0.008980	0.0014967		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 11, se pudo demostrar que existen diferencias significativas en al menos unos de los grupos de compost a base de MEC, MEN y sin ME (testigo). Para ello, en el análisis de comparaciones múltiples (Tabla 12), se demostró que el porcentaje de potasio es diferente entre los grupos de MEN y el testigo ($p_{value} = 0.046 < 0.05$). Se observa, de la Figura 7, que el compost sin ME (testigo), tiene mayor porcentaje de potasio (0.53 %), que el grupo con MEC (0.43 %), y el grupo con MEN (0.42 %).

Tabla 12

Comparaciones múltiples para el porcentaje de K₂O en el compost a base de microorganismos eficientes naturales, comerciales y sin ninguno de ellos

Pairwise comparisons using t tests with non-pooled SD

data: BD\$K₂O and BD\$Tratamiento

MEC	MEN
MEN	1.000 -
T	0.075 0.046

P value adjustment method: Bonferroni

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Comparación en tiempo de descomposición de los tratamientos

El tiempo de descomposición se ha medido basándose en periodo calendario (considerando desde el armado de las pilas realizado el 02 de febrero del 2019, asimismo se ha tomado en cuenta las fases del compost a través de la temperatura de cada pila. El menor tiempo obtenido en descomposición del compost lo mostró aquellos residuos orgánicos que fueron aplicados con microorganismos eficientes comerciales, MEC en tan solo 28 días (Tabla 13), seguido por los microorganismos eficientes naturales, MEN con 31 días (Tabla 14) y con el mayor tiempo obtenido sin los microorganismos eficientes, ME (Tabla 15).

Tabla 13

Descomposición de compost con MEC en tiempo calendario

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
-	-	-	-	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
01	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Descomposición de compost con MEN en tiempo calendario

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
-	-	-	-	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
01	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Descomposición de compost sin ME en tiempo calendario

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
-	-	-	-	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
01	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. De los resultados del contenido de del nitrógeno total (N_{total}), carbono- nitrógeno (C/N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) entre tratamientos

a. Nitrógeno total (N_{total})

Observando las Figuras 7 y 8, el compost con MEN tiene mayor contenido de nitrógeno total (0.4057 %) que el MEC (0.3260 %) y el testigo (0.2950 %). Los tres tratamientos se encuentran entre los parámetros (0.3- 1.5 %) recomendados por Jacob (1961), citado por FAO (2013), para el contenido de nitrógeno en un compost.

El aumento del contenido de nitrógeno en los tratamientos, puede deberse a la presencia de bacterias que fijan el nitrógeno atmosférico (N_2) para producir amoníaco (NH_3) (Porrás, 2011). Cabe mencionar que la cantidad de nitrógeno presente depende del tipo de microorganismos usados en el compost y del tipo de desechos orgánicos que se utilizaron en los tratamientos para su descomposición, (FAO, 2013). Por ejemplo, Chuquimamani (2018) utilizó residuos de lodos provenientes de aguas residuales, el porcentaje de nitrógeno varió entre 1.61 a 1.71 %; mientras que Soriano (2016), quien utilizó residuos orgánicos domiciliarios con estiércol de vaca, obtuvo porcentajes de nitrógeno entre 1.27 a 1.64 %. Se pueden observar altos porcentajes de nitrógeno total, a diferencia del que se obtuvo en esta investigación, en el cual se utilizó residuos orgánicos domiciliarios adicionado con estiércol de res, similar resultado obtuvo Machaca (2017) cuyos valores estuvieron entre 0.45 y 4.46 % de nitrógeno total, quien también uso residuos orgánicos domiciliarios y de mercado mezclados con estiércol de res.

En el análisis de varianza para el N_{total} , se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p_{value} = 0.0001 < 0.05$), del cual se identificó, mediante el análisis de comparaciones múltiples que, el contenido de N_{total} es diferente entre los grupos MEC y MEN ($p_{value} = 0.00097 < 0.05$), MEN y T ($p_{value} = 0.00015 < 0.05$). Los microorganismos eficientes (comerciales como naturales), son significativos en el N_{total} , con respecto al tratamiento sin microorganismos eficientes. Esto se puede corroborar con los resultados que obtuvo Montero (2019), el cual demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos con microorganismos eficientes (TA) con 2.38 % de nitrógeno y sin microorganismos eficientes (TB) con 2.13 % de nitrógeno. Soriano (2016), pudo determinar que, existe una alta diferencia significativa entre tratamientos con microorganismos y sin microorganismos eficientes, con un p-value de 0.033. También, Machaca (2017) determinó en su estudio que existe diferencia significativa entre los tratamientos con microorganismos eficientes y sin microorganismos eficientes, con un coeficiente de variabilidad de 0.299 %, aunque no encontró diferencias significativas entre los tratamientos con microorganismos eficientes (al 5 y 10 %). Las diferencias significativas se deben a los tiempos de formación de compost, debido que, a mayor tiempo, el nitrógeno se volatiliza. El Nitrógeno es un elemento importante y crucial para el crecimiento de la planta, ya que, participa en todos los procesos de desarrollo principales, además, para la absorción de otros elementos esenciales (FAO, 2013).

b. Relación C/N

Para la relación de C/N, es recomendable una relación que oscile entre 26:1 hasta 35:1, ya que se evidencia fermentaciones eficientes en tiempo. Una relación baja, puede garantizar periodos de maduración más rápidas, pero al ser alto en nitrógeno, el proceso puede desprender olores fétidos por la descomposición del nitrógeno en forma de amoníaco. Por otro lado, una relación alta (alta en carbono), puede demandar de mayor esfuerzo para la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, lo que se refleja en tiempos prolongados de maduración del compost (Uribe *et al.*, 2001).

Para el testigo (sin ME) sin dudas se pudo deducir que existe menor cantidad de microorganismos que degraden el carbono de la materia orgánica, quedando excedentes de

carbono, por lo que el proceso de descomposición fue más lento, lo que repercutió en el aumento de días para la obtención del compost (Labrador, 2002).

El tratamiento que presentó menor valor fue el tratamiento a base de MEN con un valor de 13,234, lo cual es favorable, debido a que existen microorganismos que están acelerando el procedimiento de descomposición del carbono natural que existe en las pilas (Uribe *et al.*, 2001), aunque la presencia de estiércol también se ve involucrado en esta relación, ya que presentan una baja relación en C/N, lo que sería una contrapartida al proceso de descomposición en días (Uribe *et al.*, 2001). El tratamiento a base de MEC, muestra una ligera tendencia baja en la relación C/N con un valor de 14.637, lo que también se puede deducir que existen microorganismos que están acelerando el proceso de descomposición, esto presenta una variedad de microorganismos, puesto que aumenta la descomposición del carbono orgánico.

Con respecto a la calidad de compost con relación al C/N, se considera que una relación óptima de C/N, para su uso en la agricultura, se encuentre entre 12:1 y 15:1 (Sztern y Pravia, 2009, citado por Chuquimamani, 2018); por lo que los tres tratamientos (MEC, MEN y testigo) contienen buena relación de C/N para su uso posterior en agricultura. La relación C/N es importante en un compost debido a que intervienen en los procesos de crecimiento y actividades metabólicas de los microorganismos. Una mala relación puede ocasionar problemas en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos (Tortosa, 2018).

c. Porcentaje de fósforo (P₂O₅)

Respecto a los resultados, los porcentajes de fósforo para los tres tratamientos (MEC con 0,0382 %, MEN con 0.0325 % y testigo con 0.029 %) no se encuentran dentro de los rangos (0.1- 1 %) recomendados por Jacob (1961), Martínez (2013), citado por FAO (2013) (Tabla 6), para compost de calidad. Resultados similares reportó Machaca (2017), donde la cantidad de fósforo va hasta 156 ppm (< 0.04 %) y tampoco llega a los porcentajes recomendados.

El porcentaje de fósforo presente en las plantas es muy importante al momento de transferir energía, es decir, juega un rol importante en la fotosíntesis (FAO, 2013), y al ser escaso en la mayoría de los suelos agrícolas o naturales, es importante su presencia. A diferencia de otros estudios como el de Azurduy *et al.* (2016) donde el 100 % de los tratamientos con ME arrojan compost de calidad del 1 al 1.6 %; al estudio de Meléndez (2004), el cual indica que al presentar ME, un proceso de compostaje se puede disponer de hasta un 0.54 % de fósforo; o estudios donde se utilizaron distintas dosificaciones de ME, el porcentaje de fósforo arroja resultados entre el 0.6 a 0.7 % (Suaña, 2013). El porcentaje de fósforo en el compost depende del tipo de residuos orgánicos que se utilizan para el proceso de descomposición (FAO, 2013), por lo que se puede inferir que los residuos utilizados en esta investigación y la de Machaca (2017), los cuales fueron residuos domiciliarios y de mercado, tuvieron incidencia en el porcentaje de fósforo con porcentajes bajos < 0.04 %.

En cuanto al análisis de varianza del fósforo, se pudo evidenciar que existen diferencias significativas entre los tratamientos con un p-value de 0.0003, existiendo, además, diferencias significativas entre los tratamientos con microorganismos eficientes (comerciales y naturales), con un p-value de 0.0032. Del mismo modo Montero (2019), determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos con y sin microorganismos eficientes, en cuyo trabajo obtuvo resultados de 0,162 y 0.157 % de fósforo respectivamente. Además, Machaca (2017) también pudo determinar que existen diferencias significativas entre tratamientos con y sin microorganismos eficientes, con un p-value de 0.001.

d) Porcentaje de potasio (K₂O)

Del estudio del potasio se puede inferir que los tres tratamientos (MEC, MEN y testigo) se encuentran entre los rangos (0,3- 1 %) de un compost de calidad en cuanto al contenido de potasio (Jacob, 1961; Martínez, 2013, citado por FAO, 2013).

El potasio es un elemento (macronutriente) esencial en el desarrollo de las plantas, ya que se involucra en los procesos de síntesis de proteínas y carbohidratos. Además, regulariza el régimen hídrico de las plantas, aumentando su tolerancia frente a sequías y salinidad (FAO, 2013).

Se observa que el testigo (sin ME) tiene el mayor porcentaje de potasio que los grupos con ME (MEC y MEN), lo cual indica que los ME no intervienen en el porcentaje de potasio, esto se puede fundamentar en Sanclemente y García (2011) quienes afirman que “los nutrimentos son secuestrados y liberados de la materia orgánica por dos procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K)” (p. 14), del cual menciona que el potasio se obtiene por procesos químicos más no biológicos, descartando a los ME como actores que intervienen en los porcentajes de potasio.

Con respecto al análisis de varianza del potasio, se pudo determinar que existen diferencias significativas en los tratamientos con un p-value de 0.0293. En este caso, el tratamiento sin microorganismos eficientes fue el más significativo respecto al tratamiento MEN con un p-value de 0.046, con un 0.53 % de potasio a diferencia del MEC con 0.43 % y MEN con 0.42 %. De igual manera, Machaca (2017), determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos con y sin microorganismos eficientes con un p-value de 0.000, aunque no existían diferencias entre los distintos tratamientos con microorganismos eficientes. Sin embargo, en el estudio de Soriano (2016), los tratamientos con y sin microorganismos eficientes, no presentaron diferencias significativas, ya que su p-value arrojó un valor de 0.079, pudiendo ser por el tipo de residuos con el que se trabajaron en los diferentes estudios.

La calidad del compost se puede interpretar a través del contenido de elementos mayores que presenta cada tratamiento en cada una de las unidades experimentales. Los elementos esenciales y primarios (C, N, P y K) que requieren los microorganismos durante el proceso de compostaje, son imprescindibles en suelos fértiles, por lo que un compost rico en estos nutrientes, significa que su uso será eficiente al momento de acondicionar los suelos de cultivo, ya que las plantas necesitan también de estos elementos esenciales (Uribe *et al.*, 2001). Otro factor importante para determinar la calidad del compost es la relación carbono-nitrógeno (C/N) que presenta cada tratamiento en cada una de las unidades experimentales. Esta relación se usa para medir la biomasa y la transformación de la materia orgánica en los estudios de fertilidad del suelo. La relación C/N, es importante debido a la necesidad de carbono que requieren los microorganismos como fuente de energía, en lo que respecta al nitrógeno, dicho requerimiento es porque es un elemento básico para la formación de proteínas (Uribe *et al.*, 2001).

4.2. Comparación en tiempo de descomposición de los tratamientos

La presencia de ME en la materia orgánica, ayuda al proceso de descomposición, evidenciándose que el tratamiento con MEC es más eficiente al momento de acelerar el proceso de maduración del compost, el cual se generó en un periodo de 28 días. Esto debido a la variación de microorganismos.

Por otro lado, se evidenció que el tratamiento con MEN, cuyo periodo de maduración fue de 31 días, no se aleja mucho del tratamiento MEC, por lo que también resulta ser eficiente en el tiempo de maduración del compost. En esta investigación, el tratamiento MEC fue más eficiente en el tiempo de descomposición que en otras investigaciones, como la de Suaña (2013), el cual tuvo una descomposición de los residuos orgánicos en 50 y 55 días según sus tratamientos (a 100 ml y 200 ml de ME); o la de Machaca (2017) con 49 días, en su tratamiento más eficiente, en descomposición de materia orgánica.

A diferencia de ambos tratamientos (MEC y MEN) el tratamiento testigo (sin ME), presentó una maduración del compost en 36 días, por lo que no es normal un tiempo tan corto de descomposición, ya que, en procesos naturales, eventualmente tiene un periodo de maduración de entre 60 a 90 días (FAO, 2013), pudiendo ser afectados por otro tipo de factores, que no han sido estudiados en esta investigación.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

1. Los microorganismos eficientes naturales (MEN) fueron más significativo que el grupo de los microorganismos eficientes comerciales (MEC), 0.4057 % y 0.3260 % respectivamente, aunque ambos grupos se encontraron dentro de los rangos recomendados (0.3 y 1.5 %) para el contenido de nitrógeno total.
2. La relación C/N del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales (MEC) y microorganismos eficientes naturales (MEN), se concluyó que, el tratamiento con MEC (14.637 %) fue significativamente superior al tratamiento con MEN (13.234 %), ya que la relación recomendada de C/N, para compost de buena calidad, oscila entre 25:1 y 35:1. Asimismo, el porcentaje para el nitrógeno total fue de 0.3260.
3. El porcentaje de fósforo (P_2O_5), obtenido en el tratamiento con microorganismos eficientes comerciales (MEC) fue de 0.0382 % resultando ser más eficiente que el tratamiento con microorganismos eficientes naturales (MEN) quien obtuvo un valor de 0.0325 %, aunque ninguno logró encontrarse dentro de los rangos recomendados.
4. Los porcentajes de potasio (K_2O), obtenido en el tratamiento con microorganismos eficientes comerciales (MEC) fue más eficiente que los microorganismos eficientes naturales (MEN) con valores de 0.4337 % y 0.4213 % respectivamente. Aunque ambos resultados se encontraron dentro de los rangos recomendados.

5. El tratamiento con MEC fue superior al tratamiento con MEN, ya que la maduración del compost se realizó en 28 días calendarios, mientras que el tratamiento con MEN, obtuvo una maduración del compost a 31 días calendarios, demostrando la eficiencia mínima temporal de los MEC en la descomposición de la materia orgánica.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar otras investigaciones donde se incluya las evaluaciones físicas como: pH, temperatura, humedad, capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad de retención de agua (CRA), tamaños de partículas, tanto antes como después de la descomposición.
2. En próximos estudios en los que se utilizan los MEN, producidos en la investigación se recomienda caracterizar a los microorganismos eficientes antes de que estos sean aplicados al compost.
3. Para productores de hortalizas, biohuertos, jardinería y cultivos de pan llevar se recomienda su aplicación debido a su rápida producción y elaboración, asimismo, aporte de nutrientes macro y microelementos, asimismo, minimizar el uso de los productos químicos, contribuyendo a la sostenibilidad y calidad ambiental.
4. Se recomienda que se continúen realizando investigaciones modalidad de tesis respecto a la comparación de MEC y MEN, ya que, los resultados podrían variar, según la metodología de compostaje empleada, como de los materiales empleados (residuos orgánicos), así como las condiciones meteorológicas. Esto es de suma importancia, ya que los MEN son más económicos, lo que permitiría el acceso universal a todas las municipalidades y comunidades para su aplicación, gestionando adecuadamente los residuos orgánicos y mejorando la calidad de vida de las poblaciones.
5. Igualmente se recomienda, para futuras investigaciones que, durante el proceso de compostaje, se realicen las mediciones de emisiones de gases que se generan durante el

proceso de descomposición, para el cumplimiento de normativas de calidad, ya que, al incumplir con ello, las investigaciones no se pueden considerar viables, en términos ambientales.

REFERENCIAS

- Aung, K., Jiang, Y. y He, S. Y. (2018). The role of water in plant in plant microbe Interaction. *The Plant Journal*, 93, 771-780. <https://doi.org/10.1111/tpj.13795>
- Aprueban Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Decreto Legislativo N° 1278. (2016). Decreto Legislativo N° 1278. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, pp 18-34.
- Azurduy, S., Azero, M. y Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el Municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7(4), 369-388. Recuperado en 16 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200002&lng=es&tlng=es.
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación (3a. ed.). Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com> Created from bibliotecacijsp on 2018-07-30 15:51:39.
- Baquero, I. (2017). *Análisis del costo de la implementación del compostaje frente a abonos químicos en una plantación de palma africana de once años de edad, ubicada en San Carlos de Guaroa Meta, finca la Aurora*. (Tesis de grado) Universidad de La Salle, Arequipa, Perú. Recuperado de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/22329/12121010_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baltodano, M. y Sotomayor, F. (2002). *Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos en la Earth*. (Tesis de grado). Universidad Earth, Guácimo, Costa Rica. Recuperado de <https://docplayer.es/22763970-Universidad-earth-evaluacion-de-manejo-de-desechos-organicos-domesticos-en-la-earth-mauricio-baltodano-robles-felipe-sotomayor-orejuela.html>
- Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón (2009). *Manual Práctico de Uso de EM*. Recuperado de http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf [BID ATN].
- Bernal, M.P.; Albuquerque, J.A. y Moral R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *A review. Bioresour Technol*, 100 (22), 5444-5453. Doi: 10.1016/j.biortech.2008.11.027

- Cajahuanca, S. (2016). *Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus sp., lactobacillus sp.) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla.* (Tesis de grado). Universidad de Huánuco. Recuperado de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/58>.
- Camacho, J. y Rojas, Z. (2016). *Alternativa de producción de abono orgánico a partir de residuos sólidos (provenientes de restaurante, cartón, pasto y aserrín) mezclados con microorganismos eficientes (M.E).* (Tesis de grado). Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/334>.
- Camones, C. L. N. (2015). *Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo del brocoli (Brassica oleracea var. italica) en Marcará, Carhuaz.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1062/T%20809%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chacín, C. (2008). Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje. Instituto Pedagógico de Caracas. *Revista de Investigación*, 32 (63), 173-200. Recuperado en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142008000100010&lng=es&tlng=es.
- Chen, T., L. Wang, O. Wang, y J. Han. (2013). Isolation and identification of thermophilic actinomycetes in asparagus old stem compost. *J. Shanxi Agr. Sci.* 1, 40-45. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotol-SXLX201301018.htm
- Chuquimamani, H. (2018). *Evaluación del proceso de compostaje de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales de la industria textil.* (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5946>.
- Consejo Nacional del Ambiente. (2001). *Guía metodológica para la formulación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos.* Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-metodologica-formulacion-planes-integrales-gestion-ambiental>
- Cortez, M. E. e Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación.* Universidad Autónoma del Carmen Ciudad del Carmen, Campeche, México. ISBN: 968 – 6624 – 87– 2

- Dalzell, A., Biddlestone, A. J., Gray, K.R. y Thurairajan K. (1991). *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma. ONU – FAO.
- Daur, I. (2016). Study of commercial effective microorganism on composting and dynamics of plant essential metal micronutrients. *Journal of environmental biology*, 375, 937-941. http://jeb.co.in/journal_issues/201609_sep16/paper_11.pdf
- Echeverría, M. C., Cardelli, A., Bedini, S., Colombini, A., Incrocci, I., Castagna, A., Agnolucci, M., Cristani, C., Ranieri, A., Saviozzi, A. y Nuti, M. (2012). Compostaje mejorado microbiano de cáscaras de aceitunas húmedas. *Bioresour. Technol.* 104, págs. 509 – 517. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.042>.
- El-Gendy, M. A., Al-Zahrani, S. H. M. y El-Bondkly, A. M. A. (2017). Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183 (1), 30-50. <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2429-0>
- Escobar, F., Sánchez, J. y Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5 (3), 390-410. Recuperado en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892012000100004&lng=es&tlng=es.
- Fayemi, O. E. y Ojokoh, A. O. (2014). The effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of food processing and preservation*, 38 (1), 183-192. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00763.x>
- Farrel, M. y D. L. Jones. (2009). Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresour. Technol.* 100, 4301-4310. Doi: 10.1016 / j.biortech.2009.04.029
- Fornes, F., Mendoza, H. D., García, de la F. R., Abad, M. y Belda, R. M. (2012). Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. *Biores. Technol.* 118, 296-305. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.028>
- Guzmán, M. y Macías, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 20 (39), 235-262. Recuperado en 16 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009&lng=es&tlng=es.

- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., Garces, M., Pérez, D. y Mattar, S. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13 (2): 1369-1379. <https://doi.org/10.21897/rmvz.397>.
- Hueso, S., García, C. y Hernández T. (2012). Severe drought conditions modify the microbial community structure, size and activity in amended and unamended soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 50, 167-173. Doi: 10.1016/j.soilbio.2012.03.026 .
- Ibáñez, J. (2011). *Microorganismos eficientes o efectivos (EM) y rehabilitación de suelos* Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>
- Iqbal, M. K., Nadeem, A., Sherazi, F. y Khan, R. A. (2015). Optimization of process parameters for kitchen waste composting by response surface methodology. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 12, 1759–1768 <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0543-x>
- Jacob, A. y Uexkull, H. (1961). *Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales*. Internationales Handelmaatschappij voor Meststoffen, Amesterdam.
- Jodar, J. R., Ramos, N., Carreira, J. A., Pacheco, R. y Fernández- Hernández, A. (2017). Quality assessment of compost prepared with municipal solid waste. *Open Eng*, 7:221–227. <https://doi.org/10.1515/eng-2017-0028>.
- Kulcu, R. y Yaldiz, O. (2007). Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Bioresour Technol.* 98, 2700–4. <https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1131205>.
- Kutsanedzie, F., Ofori, V. y Diaba, K. S. (2015). Maturity and safety of compost processed in HV and TW composting systems. *International Journal of Science, Technology and Society*, 3 (4), 202-209. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.926.6030&rep=rep1&type=pdf>
- Labrador, J. (2002). *La materia orgánica en los agrosistemas. Aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agrosistemas*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=600037>

- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje*. Recuperado de <https://www.icia.es/biomusa/en/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>.
- Lee, Y. (2016). Various microorganisms' roles in composting: A review. *APEC Youth Scientist Journal*, 8 (1), 11-15. Recuperado de http://amgs.or.kr/New/common/journal/vol8/vol8_1_no.2.pdf
- Li X., Shen Q., Zhang D., Mei X., Ran W., Xu Y., Yu G, y Motta, A. (2013) Functional Groups Determine Biochar Properties (pH and EC) as Studied by Two-Dimensional C NMR Correlation Spectroscopy. *Plos One*, 8 (6), e65949. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065949>
- Ling, N., Deng, K., Canción, Y., Wu, Y., Zhao, J., Raza, W.; Huang, O. y Shen, O. (2014). Variation of rhizosphere bacterial community in watermelon continuous monocropping soil by long-term application of a novel bioorganic fertilizer. *Microbiological Research*, 169 (7-8), 570 – 578. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.10.004>
- Londoño, N. A., Taborda, M. T., López, C. A. y Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23 (36), 186-205. [file:///C:/Users/Concytec/Downloads/356-644-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Concytec/Downloads/356-644-1-PB%20(1).pdf)
- Machaca, J. (2017). *Influencia del uso de microorganismos eficientes en el tiempo de elaboración del compost a partir de residuos sólidos orgánicos en Tacna, 2016*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1519>.
- Mansilla, M. (2013). *Determinación de la concentración de nutrientes N, P, K en los Residuos Sólidos Orgánicos selectivos provenientes del mercado Ayaymaman, mediante la técnica del Compostaje, Moyobamba, 2012*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/1100>.
- Maragno, E.S., Trombin, D.F. y Viana, E. (2007). O uso da serragem no processo de minicompostagem *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. 12 (4), 355-360. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000400001>

- Ministerio del Ambiente (2016). *Módulo 02: Residuos y áreas verdes*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wpcontent/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-2.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-2.pdf>.
- Montero, S. (2019). *Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco noviembre-2018-enero-2019*. (Tesis de grado). Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1680>.
- Morales, G. y Peláez, C. (2010). Evaluación cinética de los Dípteros como indicadores de la evolución del proceso de compostaje. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9 (17), 13-28. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v9n17/v9n17a02.pdf>.
- Municipalidad Distrital de Jepelacio (2018a). *Plan anual de valorización de residuos orgánicos municipales del distrito de Jepelacio. 2018*. Jepelacio, Perú.
- Municipalidad Provincial de Moyobamba (2012). *Plan Estratégico de Desarrollo Concertado*. Moyobamba, Perú.
- Naranjo, E. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>.
- Nikoloudakis, Y., Panagiotakis, S., Markakis, E. y Pallis, E. (2018). Composting as a service: A real-world eot implementation. *Future Internet*, 10 (11), 107. <https://doi.org/10.3390/fi10110107>.
- Ojeda, L. y Quintero, W. (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. Recuperado de <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A26.pdf>
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R. y Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33 (11): 197. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>
- Onwosi, C. O., Igbokwe, V. C., Odimba, J. N., Eke, I. E.; Nwankwoala, M. O.; Iroh, I. N. y Ezeogu, L. I. (2017). Composting technology in waste stabilization: On the methods,

challenges and future prospects. *Journal of Environmental Management*, 190, 140 – 157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos*. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471 [OEFA]

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 2: Residuos y áreas verdes*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/aprende-prevenir-efectos-mercurio-modulo-2-residuos-areas-verdes>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf> [(FAO)].

Petric, E., Avdihodžić, N. y Ibrić. (2015). Numerical simulation of composting process for mixture of organic fraction of municipal solid waste and poultry manure. *Ecological Engineering*, 75, 242 – 249. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.12.003>.

Porras, S. A. (2011). *Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa*. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104155>.

Porta, J., Acevedo, L. y Roquero, M. C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio Ambiente*. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona.

Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Recuperado de http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf [APROLAB].

Quispe, Y. C. y Chávez, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3), 652-666. Recuperado de <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/161/160>

Ramírez, M. (2006). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. (Tesis de grado). Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de https://uids-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=uids_bucaramanga138120&context=L&vid=UIDS&lang=

es_CO&search_scope=uids_completo&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=uids_tab&query=any,contains,Tecnología%20de%20microorganismos%20efectivos%20(EM)%20aplicada%20a%20la%20agricultura%20y%20medio%20ambiente%20sostenible&mode=Basic

- Rastogi, M., Nandal, M. y Nain, L. (2019). Additive effect of cow dung slurry and cellulolytic bacterial inoculation on humic fractions during composting of municipal solid waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 325–332. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0277-3>.
- Romero-Yam, L., Almaraz-Suárez, A., Velasco-Velasco, J., Galvis-Spinola, A. y Gavi-Reyes, F. (2015). Microbial dynamics during composting of filter cake reactivated with chicken manure. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 21 (1), 21-31. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.09.032>
- Romero, T. y Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88-100. Recuperado en 13 de noviembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008&lng=es&tlng=es.
- Romero, L. T. y Vargas, M. D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38 (3), 88-100. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008&lng=es&tlng=es.
- Salazar, N. (2018). *Manejo de residuos sólidos en las empresas alimentarias*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú 2018. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3586/salazar-de-la-rosanadeska-ilicha.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Scotti, R., Conte, P., Berns, A.E., Alonzo, G. y Rao, M. A. (2013). Effect of organic amendments on the evolution of soil organic matter in soils stressed by intensive agricultural practices. *Current Organic Chemistry*, 17, (24), 2998-3005. Doi: 10.2174/13852728113179990125
- Sanclemente, O. y García, M. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Revista de Investigación Agraria y ambiental*, 2 (2), 13-19. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3903435>.

- Satyaprakash, M., Nikitha, T. y Reddi, E. U. B., Sadhana, B. y Vani, S. S. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (4), 2133-2144. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.251>
- Sharma A., Saha, T., Arora, A., Shah, R. y Nain, L. (2017). Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in calendula and marigold. *Horticultural Plant Journal* 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.003>.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009). *Manual de residuos sólidos*. Lima, Perú: SPDA.
<https://www.ingentaconnect.com/content/ben/coc/2013/00000017/00000024/art00007>.
- Soriano, J. (2016). *Tiempo y Calidad del Compost con Aplicación de tres dosis de "Microorganismos Eficaces"- Concepción*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3487>
- Suaña, Q. M. E (2013). Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*Lemna sp*) con aplicación de microorganismos eficaces. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Su, P., Tan, X., Li, C., Zhang, D., Cheng, J., Zhang, S., Zhou, X., Yan, Q., Peng, J., Zhang, Z., Liu, Y. y Lu, X. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10 (3), 612-624. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12704>
- Suaña, M. (2013). *Compostaje de Residuos Orgánicos y de lenteja de agua (Lemna sp.) con aplicación Microorganismos Eficaces*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/446>.
- Sztern, D. y Pravia, M. (2009). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. Recuperado de <http://ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/compost.pdf>
- Tanya, M. y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46 (2), 93-103. Recuperado en 20 de diciembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.

- Tiquia, S. M. (2002). Evolution of extracellular enzyme activities during manure composting. *Journal of Applied Microbiology*. 92, 764-775. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01582.x>
- Torres, A., Quipuzco, L. y Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch. *Anales Científicos*, 76 (2), 269-274. Doi: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i2.791>.
- Tortosa, G. (2018). *La importancia de la relación carbono-nitrógeno en un compost*. Compostando ciencia [página web]. Recuperado de <http://www.compostandociencia.com/2018/04/la-importancia-de-la-relacion-carbono-nitrogeno-en-un-compost/>
- Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L. y Bedoya, D. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14 (2), 164-172. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243655>.
- Villar, I., Alves, D., Garrido, J. y Mato, S. (2016). Evolución de la dinámica microbiana durante la fase de maduración del compostaje de diferentes tipos de residuos. *Waste Manag*, 54, 83 – 92. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.011>.
- Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D. y Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (4), 952. Doi: 10.3390 / ijms19040952.
- Yang, Z., Jiang, Z., Hse, C. Y. y Liu, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 117, 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.12.003>.
- Yáñez, P., Levy, A. y Azero A., M. (2007). Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del trópico de Cochabamba en silos hiperventilados. *Acta Nova*, 3 (4), 720-735. Recuperado de <http://scielo.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a06.pdf>
- Yoo, KY. y Yi, S. (2015). Evaluation and development of solid waste management plan: a case of Seoul for past and future 10 years. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 17, 673–689. <https://doi.org/10.1007/s10163-014-0294-2>

Zhang J., Chen G., Sun H., Zhou S. y Zou G. (2016). Straw biochar accelerates the degradation of organic matter and produces nutrient-rich compost. *Bioresource Technology*, 200, 876–883. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.016>

Zhang, L. y Sun, X. (2016). Influence of bulking agents on physical, chemical and microbiological properties during the composting of green waste in two stages. *Waste Management*. 48, 115 – 126. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.032>

TERMINOLOGÍA

Compost: Se obtiene de la descomposición controlada de elementos orgánicos, principalmente vegetales. Se intenta imitar la descomposición natural que ocurre en la naturaleza. Este sistema es muy popular ya que es fácil elaborarlo en casa, solo es necesario separar la basura inorgánica de la orgánica. Este abono al ser biodegradable reacomoda la estructura natural del suelo mejorándolo (Baquero, 2017).

Compostaje: es un sistema de tratamiento de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura) en las que se obtiene un producto utilizable como abono, enmienda o sustrato (Baltodano y Sotomayor, 2002)

Microorganismos comerciales: son aquellas especies microbianas que han sido tratadas y estudiadas con la finalidad de ser vendidas para estudios experimentales, entre ellas se encuentran las bacterias acidolácticas, fototróficas, levaduras y hongos de fermentación (Ibáñez, 2011).

Microorganismos eficientes: Son una mezcla de grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos. Además, es un complejo de hongos y bacterias, conocidas como lácticas, bacterias fototrófica, levaduras y hongos antagónicos, los mismos que se encuentran en los suelos de los bosques (Zapata y Zurita, 2014, citado por Machaca, 2017).

Microorganismos naturales: Son una mezcla de especies que son encontradas de forma natural (microorganismos nativos) que son seleccionadas para los estudios e investigaciones. Entre las cuales encontramos bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación tales como *Mycobacterium vaccae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum* y *Erythrina edulis Triana ex Miceheli* (Ibáñez, 2011).

Residuos orgánicos domiciliarios: Es aquel desperdicio producido de las actividades humanas o animales, la cual, en su condición de no deseado, es descartado, además de tener la característica de que la mayoría se encuentra en estado sólido: (Lebenhagen, 1998 citado por Suaña, 2013).

Residuos sólidos: Son aquellos productos en estado sólido o semisólido lo que el generador dispone o pueda disponer, asimismo puede generar riesgos a la salud humana y al medio ambiente; también puede requerir un tratamiento adecuado o disposición final (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

Residuos de gestión municipal: Son aquellos residuos sólidos de origen doméstico (restos de alimentos, revistas, botellas, latas, entre otros); y de origen comercial (empaques, papel higiénico, latas, plásticos entre otros); así como también el barrido de calles, vías y hojarascas; cabe mencionar que estos deben estar sujetos a una disposición final en rellenos sanitarios (MINAM, 2016).

Residuos de limpieza de espacio público: Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

Residuos municipales: Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

Residuos no municipales: Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

Segregación en la fuente: Consiste en que el generador de residuos municipales debe realizar la segregación de sus residuos sólidos de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas, con el objeto de facilitar su valorización y/o disposición final (MINAM, 2016).

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados de los análisis físico químicos del material compostado (PEAM, 2019)



PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO
OFICINA NUEVA CAJAMARCA
LABORATORIO DE ANALISIS AGRICOLAS DE SUELOS
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD"

COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST RESULTANTE DEL PROCESO REALIZADO POR MICROORGANISMOS EFICIENTES COMERCIALES Y NATURALES EN JEPELACIO - SAN MARTÍN, 2019

Muestras secas de compost

Solicita: Jeysy Del Pilar Maldonado Rojas

FECHA INGRESO: 05-abr-19

MATERIA ORGÁNICA POR CALCINACIÓN:

Código y Descripción	Tara g	Muestra g	Peso Total g	Peso Seco g	Peso Cenizas g	MUFLA 500 °C x 4 horas		C.O. Total %
						Cenizas %	M.O. Total %	
ASC19 – 0199a Testigo	15.7100	5.0000	20.7100	18.3400	2.3700	47.40	52.60	30.51
ASC19 – 0199b Testigo	12.4400	5.0000	17.4400	15.3000	2.1400	42.80	57.20	33.18
ASC19 – 0199c Testigo	12.3800	5.0000	17.3800	15.6400	1.7400	34.80	65.20	37.82
ASC19 – 0200a C. M. Natural	12.5200	5.0000	17.5200	14.9800	2.5400	50.80	49.20	28.54
ASC19 – 0200b C. M. Natural	11.6000	5.0000	16.6000	14.5800	2.0200	40.40	59.60	34.57
ASC19 – 0200c C. M. Natural	12.0600	5.0000	17.0600	14.7000	2.3600	47.20	52.80	30.63
ASC19 – 0201a C. M. Comercial	11.7000	5.0000	16.7000	14.8400	1.8600	37.20	62.80	36.43
ASC19 – 0201b C. M. Comercial	16.4000	5.0000	21.4000	19.1000	2.3000	46.00	54.00	31.32
ASC19 – 0201c C. M. Comercial	12.8000	5.0000	17.8000	15.7000	2.1000	42.00	58.00	33.64

Peso de cenizas (g) = Peso total inicial – Peso seco (final de la incineración)

Porcentaje de cenizas = $\text{Peso de cenizas} \times 100 / \text{Peso de la muestra inicial}$

Materia Orgánica Total (M.O. Total) = $100\% - \text{Porcentaje de Cenizas}$

Carbono Orgánico Total (C.O. Total) = $\text{M.O. Total} / 1.724$

Av. Cajamarca Norte N° 1151, distrito de Nueva Cajamarca (sector Los Olivos), Provincia de Rioja – San Martín. Teléfono 042-556443.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Código y Descripción	M.O. Oxidable	C.F.O.	N Total	Relación C/N	pH	C.E. deci Siemens
ASC19 – 0199a Testigo	8.332%	4.833%	0.280%	17.261	10.20	0.0884 dS
ASC19 – 0199b Testigo	8.650%	5.017%	0.305%	16.450	10.30	0.0685 dS
ASC19 – 0199c Testigo	9.114%	5.287%	0.300%	17.622	10.40	0.0786 dS
ASC19 – 0200a C. M. Natural	8.949%	5.191%	0.392%	13.242	10.50	0.0947 dS
ASC19 – 0200b C. M. Natural	9.606%	5.572%	0.420%	13.266	10.60	0.1063 dS
ASC19 – 0200c C. M. Natural	9.212%	5.343%	0.405%	13.194	10.62	0.1047 dS
ASC19 – 0201a C. M. Comercial	8.487%	4.923%	0.336%	14.651	10.90	0.1288 dS
ASC19 – 0201b C. M. Comercial	7.977%	4.627%	0.312%	14.830	10.92	0.1087 dS
ASC19 – 0201c C. M. Comercial	8.209%	4.762%	0.330%	14.429	10.90	0.1360 dS

Materia Orgánica (M.O.) Oxidable por Walkley y Black

Carbono Fácilmente Oxidable (C.F.O.) = M.O. Oxidable / 1.724

Nitrógeno Total por Micro Kjeldahl

pH por Potenciómetro en suspensión suelo:agua 1:1

Conductividad Eléctrica en extracto acuoso en la relación suelo:agua 1:1

ELEMENTOS DISPONIBLES Y CAMBIABLES

Código	P total ppm	K total ppm	K cambiable meq/100 g	Na cambiable meq/100 g	Ca cambiable meq/100 g	Mg cambiable meq/100 g
ASC19 – 0199a	128.70	4,565.34	11.68	0.40	14.60	2.19
ASC19 – 0199b	130.60	4,019.78	10.28	0.44	14.08	1.97
ASC19 – 0199c	120.10	4,545.56	11.63	0.42	13.96	2.09
ASC19 – 0200a	148.70	3,212.41	8.22	0.46	18.60	2.79

Av. Cajamarca Norte N° 1151, distrito de Nueva Cajamarca (sector Los Olivos), Provincia de Rioja – San Martín. Teléfono 042-556443.

ASC19 – 0200b	136.60	3,750.48	9.59	0.38	15.70	2.36
ASC19 – 0200c	140.10	3,526.06	9.02	0.38	16.90	2.54
ASC19 – 0201a	171.20	3,173.94	8.12	0.48	26.70	4.00
ASC19 – 0201b	160.10	3,789.22	9.69	0.46	24.10	3.62
ASC19 – 0201c	168.40	3,843.45	9.83	0.40	25.80	3.87

Fósforo total por Olsen modificado

Calcio y Magnesio cambiabile con Versenato E.D.T.A

Sodio y Potasio cambiabile por Fotometría de Llama

EQUIVALENCIAS

Código	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	CaO	MgO
ASC19 – 0199a	0.029%	0.550%	0.293%	0.027%	0.009%	0.409%	0.044%
ASC19 – 0199b	0.030%	0.484%	0.282%	0.024%	0.010%	0.394%	0.040%
ASC19 – 0199c	0.028%	0.548%	0.280%	0.025%	0.010%	0.391%	0.042%
ASC19 – 0200a	0.034%	0.387%	0.373%	0.034%	0.011%	0.521%	0.056%
ASC19 – 0200b	0.031%	0.452%	0.315%	0.029%	0.009%	0.440%	0.047%
ASC19 – 0200c	0.032%	0.425%	0.339%	0.031%	0.009%	0.473%	0.051%
ASC19 – 0201a	0.039%	0.382%	0.535%	0.049%	0.011%	0.748%	0.080%
ASC19 – 0201b	0.037%	0.456%	0.483%	0.044%	0.011%	0.675%	0.073%
ASC19 – 0201c	0.039%	0.463%	0.517%	0.047%	0.009%	0.722%	0.078%



CARACTERÍSTICAS FISICAS:

Código	LEY (N - P - K)	Textura	Arena %	Arcilla %	Limo %	Densidad Aparente
ASC19 – 0199a	0.28 - 2.95 – 55.00	Franco Arenoso	72.30	13.10	14.60	1.53 gr/cm ³
ASC19 – 0199b	0.31 - 2.99 - 48.43	Franco Arenoso	72.44	13.40	14.16	1.53 gr/cm ³
ASC19 – 0199c	0.30 - 2.75 - 54.76	Franco Arenoso	72.28	13.24	14.48	1.53 gr/cm ³
ASC19 – 0200a	0.39 - 3.41 - 38.70	Franco Arenoso	68.10	11.60	20.30	1.54 gr/cm ³
ASC19 – 0200b	0.42 - 3.13 - 45.18	Franco Arenoso	68.20	11.24	20.56	1.55 gr/cm ³
ASC19 – 0200c	0.41 - 3.21 - 42.48	Franco Arenoso	68.24	11.24	20.52	1.55 gr/cm ³
ASC19 – 0201a	0.34 - 3.92 - 38.24	Franco Arenoso	65.70	14.90	19.40	1.50 gr/cm ³
ASC19 – 0201b	0.31 - 3.67 - 45.65	Franco Arenoso	66.00	15.10	18.90	1.50 gr/cm ³
ASC19 – 0201c	0.33 - 3.86 - 46.30	Franco Arenoso	66.24	15.20	18.56	1.50 gr/cm ³

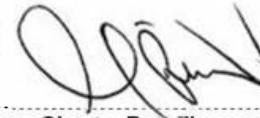
Textura por Bouyoucos

Densidad Aparente por la fórmula de K.E. Saxton et al.(1986): $d_{ap} = (1 - sat) * 2.65$

Nueva Cajamarca, 15 de Abril del 2019



VºBº Ing. Carlos Hugo Egoávil De la Cruz
Registro C.I.P. N° 32743

Gleoder Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

Apéndice 2. Registro fotográfico del proceso de elaboración del compost

Preparación de microorganismos eficientes naturales y comerciales



Fuente: Elaboración propia

Recolección de residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propia

Armado de pilas de compostaje



Fuente: Elaboración propia

Colocación de microorganismos eficientes a las pilas de compostaje



Fuente: Elaboración propia

Volteo de pilas de compostaje



Fuente: Elaboración propia

Termómetro HANNA



Fuente: Elaboración propia

Técnica del puño para el cálculo de humedad



Fuente: Elaboración propia

Proceso de zarandeo del material compostado



Fuente: Elaboración propia

Compost zarandeado de las tres pilas de compostaje



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 3. Registro de medición de temperaturas y humedad

Registro de monitoreo de temperaturas y humedad								
Parámetros de monitoreo								
Fecha medición de la temperatura	Temperatura C°			Fecha/ medición de la humedad	Humedad %			Volteo de las pilas
	P1/MEN	P2/MEC	P3/testigo		P1/MEN	P2/MEC	P3/testigo	Fecha
20/02/2019	58.7	59.2	53	20/02/2019	40	45	40	25/02/2019
25/02/2019	52.3	61.6	54.3	25/02/2019	45	50	50	04/02/2019
28/02/2019	48.5	51	48.8	28/02/2019	80	20	60	11/03/2019
04/03/2019	40.2	49.2	35.7	04/03/2019	50	80	35	18/03/2019
07/03/2019	30.4	48.7	42.5	07/03/2019	20	50	40	25/03/2019
11/03/2019	38.8	42.9	29.5	11/03/2019	30	30	30	29/03/2019
14/03/2019	43.9	44.1	36.7	14/03/2019	50	30	30	-
18/03/2019	48.3	47.3	45.6	18/03/2019	30	70	25	-
21/03/2019	55.4	37.1	54.2	21/03/2019	75	45	30	-
25/03/2019	38.5	40.4	34.8	25/03/2019	30	40	30	-
28/03/2019	41.6	39.5	37.1	28/03/2019	40	30	30	-
01/04/2019	38.6	42.6	39.3	01/04/2019	20	25	30	-

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4. Box plot para cada tratamiento, según nitrógeno total, relación C/N, P₂O₅ y K₂O

