

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE ABONOS
COMPOSTEADOS CON TRES FUENTES DE MICROORGANISMOS
EFICIENTES OBTENIDOS DE BOSQUE NATURAL, RÚMEN Y
COMERCIAL EM®”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

SEVILLANOS PIÑA MILTON CESAR

**Tingo María – Perú
2021**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 12:00 m del 22 de diciembre de 2021, para calificar la Tesis titulada “**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE ABONOS COMPOSTEADOS CON TRES FUENTES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES OBTENIDOS DE BOSQUE NATURAL, RÚMEN Y COMERCIAL EM**”, presentada por el Bachiller en Ciencias Pecuarias **MILTON CÉSAR SEVILLNOS PIÑA**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de “**MUY BUENO**”.

En consecuencia, el sustentante queda capacitado para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso “b” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 04 de enero de 2022.

Ing. M. Sc. **WAGNER SEVERO VILLACORTA LÓPEZ**
Presidente

Ing. M. Sc. **MIGUEL ÁNGEL PÉREZ OLANO**
Miembro

AUSENTE

Ing. M. Sc. **RAFAEL RENÉ ROBLES RODRÍGUEZ**
Miembro

Dr. **RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE**
Asesor

Copia : Archivo

slcp/sec

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Zootecnia

Título de tesis : Características fisicoquímicas de abonos composteados con tres fuentes de microorganismos eficientes obtenidos de bosque natural, rúmen y comercial EM[®]

Autor : Milton Cesar Sevillanos Piña

Asesor de tesis : Rizal Alcides Robles Huaynate

Escuela Profesional : Zootecnia

Programa de Investigación : Producción Animal Sostenible

Línea de Investigación : Producción, Reproducción y Mejoramiento de Animales Domésticos, Silvestres y Acuícolas en Ecosistemas Sostenibles

Área Temática : Nutrición Animal y Pastos

Lugar de ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva
: Tingo María – Huánuco – Perú

Duración : 60 días

Fecha de inicio : Agosto 2017

Fecha de término : Octubre 2017

Financiamiento : FEDU :
: Propio : S/. 9,230.00
: Otros :



Milton César Sevillanos Piña



Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate

DEDICATORIA

A DIOS, por brindarme la oportunidad de lograr mis objetivos, protegerme y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida.

A mi madre: Zadith PIÑA PAIMA, y mi padre: Simón SEVILLANOS VENACIO, por demostrarme su amor, confianza y esfuerzo para apoyarme en todo momento.

A mis hermanas: Esther SEVILLANOS PIÑA, y Angela Juana SEVILLANOS PIÑA por haberme apoyado, hasta lograr mis objetivos.

A mi cuñado: Mario VALENCIA HERNADEZ, quien con su apoyo moral hicieron posible la culminación de los objetivos

A mi hija: Tatiana SEVILLANOS HUANCA.

A mis sobrinos: Paula, Adrián, Mario, Farax y Fernanda

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Zootecnia, que contribuyó en mi formación profesional.

A todos los docentes de la Facultad de Zootecnia quienes, con sus esfuerzo y conocimientos, inculcaron el fortalecimiento de mi formación profesional.

Al Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate, Asesor del presente trabajo, mi eterno agradecimiento, por su gran apoyo y fuerza incondicional, quien con sus conocimientos y consejos contribuyeron en la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis jurados: Ing. Wagner Severo Villacorta López, Ing. M Sc. Miguel Ángel Pérez Olano, Ing. M Sc. Rafael Rene Robles Rodríguez.

A mi familia en general por haberme apoyado de alguna forma durante mis estudios.

Y a todas mis amistades que de forma directa o indirecta contribuyeron durante el desarrollo de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo		Página
I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1. Microorganismos eficientes.....	3
	2.1.1. Microorganismos eficientes de bosque natural.....	3
	2.1.2. Líquido ruminal.....	3
	2.1.3. Microorganismos eficientes EM [®]	4
	2.2. Generalidades de abono orgánico.....	4
	2.2.1. Tipos de abonos orgánicos.....	5
	2.3. Características de los abonos orgánicos.....	6
	2.4. Compost.....	6
	2.5. Microorganismos del suelo.....	6
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
	3.1. Lugar y fecha del experimento.....	8
	3.2. Tipo de investigación.....	8
	3.3. Componentes de estudio.....	8
	3.3.1. Primera etapa: Preparación de microorganismos eficientes	8
	3.3.2. Segunda etapa: Proceso de compostaje.....	10
	3.4. Variable dependiente.....	11
	3.5. Tratamientos.....	11
	3.6. Croquis de distribución de los tratamientos	11
	3.7. Diseño y análisis estadístico.....	11
	3.8. Variables dependientes.....	12
	3.9. Metodología.....	12
	3.9.1. Temperatura.....	12
	3.9.2. Humedad.....	12
	3.9.3. Tamaño de partícula.....	12
	3.9.4. Concentración de macro y micro minerales	12
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
V	CONCLUSIÓN.....	21
VI	PROPUESTAS A FUTURO.....	22
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
VIII	ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Temperatura semanal de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes.....	14
2	Porcentaje de humedad y materia seca de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes....	15
3	Proporción (%) del tamaño de partícula de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes.....	17
4	Concentración de macrominerales en abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes.....	18
5	Concentración de micro minerales en abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes.....	19

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en la unidad de Aprovechamiento de Residuos Pecuarios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y departamento de Huánuco, con el objetivo de evaluar las características nutricionales y físicas de abonos orgánicos compostados con microorganismos de: bosque natural, ruminal y comercial. La elaboración de abono orgánico se realizó mediante el compostaje de vacaza, pollaza, ceniza, carbón molido y los respectivos microorganismos durante 28 días, se evaluaron tres tratamientos, con cuatro repeticiones y una ruma de 250 kg como unidad experimental; los tratamientos fueron T1: Abono orgánico compostado con microorganismos de bosque natural, T2: con microorganismos ruminales y T3: Con microorganismos comerciales. Los resultados muestran que las características nutricionales y físicas fueron semejantes ($p>0.05$) entre los tratamientos, con excepción para la proporción de tamaño de partícula menores a 0.5 pulgadas, que reportaron mayores proporciones en abonos compostados con microorganismos de bosque y ruminales, en relación con abonos compostados con microorganismos comerciales; también, la concentración de potasio fue mayor en abonos con microorganismos de bosque y comercial y menor con microorganismos ruminales. Se concluye que, los abonos con diferentes tratamientos presentan semejantes concentraciones de macro y micro minerales, pero el abono compostado con microorganismos de bosque rinden mejor y presentan mayores concentraciones de potasio.

Palabras clave: Bocashi, Potasio, Rendimiento productivo, Tamaño de partícula, Vacaza.

**PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSTED FERTILIZERS
WITH THREE SOURCES OF EFFICIENT MICROORGANISMS OBTAINED FROM
NATURAL FOREST, RUMEN AND COMMERCIAL EM[®]**

ABSTRACT

The work was carried out at the Universidad Nacional Agraria de la Selva's unit for the exploitation of livestock waste, which is located in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco department of Peru. The objective was to evaluate the nutritional and physical characteristics of the organic fertilizer composted with microorganisms from the: natural forest, rumen and commercial sources. The elaboration of organic fertilizer was done through the use of composting cow manure, chicken manure, ash, ground carbon, and the respective microorganisms during twenty-eight days. Three treatments were evaluated with four repetitions and 250 kg of rumen as the experimental unit; the treatments were T1: organic fertilizer composted with microorganisms from the natural forest, T2: with rumen microorganisms, and T3: with commercial microorganisms. The results showed that the nutritional and physical characteristics were similar ($p>0,05$) between the treatments, with the exception of the proportion of the size, particularly those less than 0,5 inches, which were reported to have greater proportions in the composted fertilizers with microorganisms from the forest and rumen, when compared other composted fertilizer with commercial microorganisms. Also, the concentration of potassium was greater in the fertilizer with microorganisms from the forest and commercial sources and less with rumen microorganisms. It was concluded that the fertilizers with different treatments presented similar concentrations of macro and micro minerals, but the fertilizer composted with microorganisms from the forest had better yield and presented greater concentrations of potassium.

Keywords: Bocashi, potassium, productive yield, particulate size, cow manure

I. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos son una alternativa para aumentar la cantidad de microorganismos en el suelo y de esa forma limitar el uso de fertilizantes inorgánicos, minimizando el impacto ambiental, mejorando la productividad de los cultivos que permiten aprovechar residuos orgánicos, recuperan la materia orgánica y fijan nutrientes para el suelo, a su vez mejoran las propiedades físicas, físicas, químicas y biológicas; tales como la capacidad de absorber agua y niveles adecuados de pH del suelo, los cuales son fundamentales para el proceso de mineralización.

Actualmente, tenemos varias fuentes de microorganismo, que al ser tratados adecuadamente generamos los microorganismos eficientes para la degradación de residuos pecuarios y agrícolas; entre ellas tenemos identificado a microorganismos de bosque natural (mantillo del bosque) (MB), líquido ruminal (MR), y microorganismos comerciales denominados como Efficient microorganisms EM[®] el cual se comercializa y es procedente de Japón. Este producto comercial es utilizado en la degradación de residuos agropecuarios y como consecuencia la producción de abonos orgánicos, como fertilizadores en estanques de agua para crianza de peces y otros.

Por tal razón se genera la presente investigación con el siguiente problema ¿Cuáles son las características físicas y químicas de abonos orgánicos compostados con microorganismos eficientes de bosque natural, líquido ruminal y microorganismos comerciales EM[®] compost? Para la cual se plantea la siguiente hipótesis: los abonos compostados con microorganismos eficientes EM[®] genera mejores características fisicoquímicas, para demostrar se plantea los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas de abonos compostados con tres fuentes de microorganismos eficientes MB, MR y EM[®].

Objetivos específicos

Evaluar la temperatura, el porcentaje de humedad, las proporciones de tamaños de partícula y las concentraciones de macro y micro minerales de abonos orgánicos compostados con tres fuentes de microorganismos eficientes: microorganismos de bosque natural (MB), microorganismos ruminales (MR) y microorganismos eficientes (EM[®]).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Microorganismos eficientes

2.1.1. Microorganismos eficientes de bosque natural

La primera capa arable de los suelos, también se le llama de mantillo que se caracteriza por aproximadamente 10 cm de altura y contiene hojarasca, materiales caídos de los árboles y una diversa y abundante cantidad de microorganismos muy hábiles y capaces de descomponer a la materia orgánica (Picado y Añasco, 2005).

Una de las formas de generar la cepa madre es a partir de la primera capa de los suelos de bosques vírgenes, denominado mantillo, en ella encontramos microorganismos especializados para degradar nutrientes fibrosos; pero, estos microorganismos se encuentran en poca cantidad y sin la alimentación y condición apropiada para accionar eficientemente, por ello, la preparación de la cepa madre ofrece el alimento y las condiciones bioclimatológicas apropiadas para su replicación y vigorización (Robles, 2015).

2.1.2. Líquido ruminal

Fraga (2010) comenta que el líquido ruminal de animales rumiantes está constituido por una inmensa cantidad de microorganismos tales como bacterias hongos, protozoarios y levaduras, que habitan en los estómagos de los rumiantes de una forma sinérgica con funciones específicas, esta simbiosis les ha permitido adaptarse al ambiente ruminal degradar principalmente a los forrajes y sus constituyentes más recalcitrantes como los polisacáridos no solubles como la celulosa y hemicelulosa.

De acuerdo con Rodríguez-Valencia (2008) existen aproximadamente 10^9 bacterias/g de contenido ruminal y del total, 200 especies son responsables de la degradación de los componentes fibrosos de alimentos. El mismo autor, considera que los protozoarios del contenido ruminal participan en el proceso de la fermentación con ayuda de sus cilios como medio de movimentación y sujeción para la digestión de sustratos; las principales especies de protozoarios del rumen son: *Polyplastron*, *Entodinium*, *Entodiniumn* y *Eudiplodinium*.

La proporción líquida del contenido ruminal, denominado como líquido ruminal posee una alta población de microorganismos encargados de la degradación y digestión de nutrientes de los alimentos que son ingeridos por los rumiantes; aproximadamente un 4% del contenido del líquido ruminal corresponde a las especies microbianas, de éste, las bacterias hacen parte de la mitad de la biomasa microbiana ruminal y a la vez son responsables de la actividad metabólica; también, se encuentran los hongos, que constituyen hasta un 8% de la biomasa ruminal y se ubican en los contenidos alimenticios de lento movimiento, evitando su rápido lavado y contribuyen a la digestión de forrajes de baja calidad (Rodríguez, 2011).

Los protozoarios observados en el rumen son principalmente especies ciliadas, por lo menos se han descrito 40 especies de protozoarios. Los protozoarios flagelados, anteriormente clasificados así, en la actualidad se ha descrito que corresponde a formas móviles de hongos (tricomonadales). Se conoce que el mayor efecto de los protozoarios es cambiar el tamaño de las proteínas y la energía de los nutrientes de forma que sean fácilmente disponibles para su absorción (Finol, 2004).

2.1.3. Microorganismos eficientes EM[®]

Los microorganismos eficientes, están constituidos por un grupo de microorganismos beneficiosos bajo la tecnología EM[®], Los EM[®] fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en la ciudad de Okinawa, Japón. los EM[®] fueron empleados como un insumo renovador de suelos, hoy en día los EM[®] son principalmente empleados para compostar abonos, además de utiliza para procesar los desechos líquidos y sólidos encontrados en las diversas actividades agropecuarias (Álvarez, 2005).

2.2. Generalidades del abono orgánico

La materia orgánica es indispensable para mantener viva al suelo y sobre todo para conservar la fertilidad del suelo, de ahí que su incorporación en forma de abono orgánico con grandes cantidades de microorganismos descomponedores son indispensable en sistemas de producción ecológica; El uso de abonos orgánicos, la conservación de suelos, la adecuada rotación y asociación de plantas, la diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio, proporcionan un equilibrio en el sistema suelo, mostrando alta fertilidad y buena producción a largo tiempo siendo posible sembrar todo el año y por muchos años; los tipos de abonos orgánicos son: sólidos (Compost, humus, bocashi, cenizas, abonos verdes, estiércol y turba) y líquidos (violes y te) (Escandon y Coral, 2010).

2.2.1. Tipos de abonos orgánicos

Compost.- Es definido como el producto de la descomposición lenta de residuos orgánicos como hojarasca, ramas, césped, plantas adventicias, cáscaras de frutas, hortalizas y otros sub productos agrícolas y pecuarios. La aplicación de compost en los suelos ayuda mantener viva, mejorando la textura y composición química del suelo. En los bosques se encuentran en forma natural y son de color oscuro (Soto, 2003).

Humus de lombriz.- Soto (2003) comenta que el humus de lombriz es considerado como uno de los mejores fertilizantes orgánicos. Es un abono orgánico que se obtiene de la transformación de residuos pecuarios como las excretas de animales domésticos mediante las lombrices como la *Eisenia foetida*. El humus de la lombriz presenta un pH neutro, por lo que es apto para el abonamiento de todo tipo de plantas, además de aportar nutrientes como el nitrógeno, hormonas y microminerales, también aumenta la resistencia de las plantas ante la amenaza de las heladas, asimismo mejora las características de suelos arcilloarenosos.

Cenizas.- Es el producto de la incineración de sub productos vegetales, además de controlar o inhibir naturalmente a las enfermedades causadas por hongos, las cenizas aportan altos niveles de calcio, magnesio, potasio y micro minerales. Las cenizas son efectivas para corregir los suelos ácidos por su ligero efecto tamponante o alcalino (Soto, 2003).

Abono verde.- Es un tipo de abono compuesto por plantas leguminosas, caracterizadas por contener altos niveles de nitrógeno; Estas plantas generalmente son cultivadas y denominadas como bancos proteicos los cuales se utilizan como un insumo en el proceso de compostaje previa una reducción del tamaño o clásicamente son utilizados de forma independiente directamente en el suelo. El uso de abono verde protege a los suelos erosionados y facilita la recuperación de suelos degradados principalmente aquellos que fueron sometidos al uso excesivo de agrotóxicos y fertilizantes químicos, además evitan la aparición de plantas espontáneas o adventicias (Soto, 2003).

Estiércol.- Soto (2003) indica que el estiércol consiste de heces, orina y desperdicios de alimentos, las cuales pueden estar fermentadas, debido a ello, el estiércol pueda presentar altas variaciones en su composición de nutrientes dependiendo de la especie animal, tipo de alimentación y sistema de crianza. Una de las características más importantes del estiércol es su composición en microorganismos, los cuales dan vida al suelo y mantienen la fertilidad de esta.

Turba.- Es un tipo de abono que se encuentra en proceso de descomposición bajo condiciones de alta humedad, temperatura y poco oxígeno, físicamente es de consistencia esponjosa y fibrosa, que colabora con el crecimiento de las raíces de las plantas, mejorar la estructura física del suelo aumentando su capacidad de retención de agua y nutrientes. Existen dos tipos de turba: la negra con pH neutro y la rubia con pH ácido, el cual es recomendado en algunos cultivos (Soto, 2003).

2.3. Características de los abonos orgánicos

Según Chiriboga *et al.* (2015) los abonos orgánicos son ricos materia orgánica, energía y microorganismos, pero a la vez son deficientes en macro y micro minerales; estos abonos se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos como estiércoles, desperdicios de cocina, materia verde incorporado al suelo que se utilizan en suelos agrícolas con la finalidad de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra.

Roman *et al.* (2013) comentan que hay dos tipos de abonos orgánicos: el primero los líquidos y el segundo los sólidos que pueden ser aplicados en forma directa, procesados como el compost antes de ser utilizados. Los suelos cuando son cultivados continuamente, se agotan sus nutrientes por ello es necesario restituir los nutrientes perdidos, para reponer básicamente las tres propiedades: físicas, químicas y biológicas (Roman *et al.*, 2013).

2.4. Compost

Silva *et al.* (2008) refieren que el compost es una mezcla de subproductos vegetales y animales, que en determinadas condiciones de temperatura, humedad y relación carbono nitrógeno se descompone de forma natural, gracias a la acción de microorganismos, esta descomposición se logra al cabo de dos a tres meses; este abono se caracteriza por ser altamente accesible para los productores, debido a la facilidad para preparar y utilizar; además de proveer los beneficios visibles para los suelos en cuanto a sus propiedades físicas y químicas. El lugar dónde se realizará el proceso de compostaje debe tener techo para proteger de la lluvia viento y sol; es aconsejable un lugar con media sombra, estar cerca dónde se tienen los materiales e insumos para el compostaje, cerca de los cultivos a los cuales se aplicará este abono y una abundante cantidad de agua (Roman *et al.*, 2013).

2.5. Microorganismos del suelo

La actividad microbiológica del suelo se sostiene en las reacciones bioquímicas que se suceden dentro de este complejo y heterogéneo sistema. Los constantes cambios en nivel

de circulación del carbono y de los nutrientes como los micro y macrominerales en el suelo debido a las interacciones entre las plantas y otros organismos provocan modificaciones¹¹ en la estructura y el funcionamiento de sus comunidades bióticas. Cuando un ecosistema se altera más rápidamente observándose cambios físicos, químicos y biológicos constituye un indicio de mejora o desmejora de la calidad, estos cambios se dan gracias a la cantidad y actividad microbiana. Los cambios estructurales de los microorganismos se deben principalmente a las emisiones de gases con efecto invernadero (CO_2 , NO o N_2O) y a la pérdida del N por lixiviación (Jackson et al., 2003).

La cantidad de microorganismos puede variar de 10^7 y 10^9 células/g de suelo, entretanto, otras estimaciones proponen que exista al menos 10^4 especies microbianas distintas/g de suelo (Torsvik et al., 2002). Según Griffiths et al. (2001) comentan que la biodiversidad del suelo es una característica que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y éste le asegura su estabilidad funcional.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha del experimento

El presente estudio se realizó en la Unidad de Aprovechamiento de Residuos Agropecuarios de la Facultad de Zootecnia y en el Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ambas, ubicadas en la región de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa, ciudad de Tingo María; geográficamente situada a 09°17'05" latitud sur, 76°01'07" latitud oeste, a una altitud de 660 msnm y ecológicamente considerada como bosques húmedo pre montano tropical; con una temperatura promedio anual de 24.8° C y una humedad relativa media de 80%, con una precipitación pluvial de 3,660 mm (UNAS, 2010). El trabajo de campo se realizó por 60 días, entre los meses agosto a octubre de 2017.

3.2. Tipo de investigación

Investigación experimental.

3.3. Componentes de estudio

El trabajo de investigación se dividió en dos etapas: preparación de microorganismos eficientes y proceso de compostaje.

3.3.1. Primera etapa: Preparación de microorganismos eficientes

Microorganismos de bosque natural (MB)

Los materiales e insumos que se utilizaron para la elaboración de microorganismos eficientes fueron los siguientes: 03 Machetes, 03 Azadones y 20 Costales, 01 Bidón con capacidad de 30 galones con tapa hermética, 01 Balde con capacidad de 1 galón, 03 baldes con capacidad de 20 L y 4 palas; los insumos fueron: 20 L de agua no potable, 05 kg de melaza de caña, 05 kg de polvillo de arroz y 90 kg de mantillo de bosque.

La colecta del mantillo se realizó en el Bosque Brunas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, dicha colecta se realizó en un área poco manipulada por el hombre, los materiales utilizados fueron: costales, machetes colectando un total de 90 kg, los

cuales fueron trasladados a la unidad de aprovechamiento de residuos agropecuarios (UARA) de la Facultad de Zootecnia.

En la Unidad de aprovechamiento de residuos agropecuarios se limpió el piso, aproximadamente de 4 m², donde se colocó el mantillo de bosque, en seguida se verificó el porcentaje de humedad del mantillo de bosque, mediante el método del puño, en seguida se adicionó 5 kg de polvillo de arroz y se mezcló con la ayuda de las palas, continuando, se mezcló 20 L de agua con 5 kg de melaza, dicha mezcla fue rociada en la mezcla de mantillo con polvillo de arroz y nuevamente con las palas fueron mezcladas; en seguida, la mezcla se dividió en cuatro partes iguales, las tres cuartas partes se llenaron en el bidón y fue cerrada con tapa hermética y el sobrante se llenó en un costal y se colocó encima del bidón, luego, se identificó con plumón indeleble colocando la fecha de inicio. Ambas muestras fueron almacenadas en un lugar con sombra por un periodo de 30 días hasta la obtención de la cepa madre.

Activación de microorganismos de bosque natural (MB)

Se realizaron con los siguientes materiales: 03 Baldes de 20 L de capacidad, 01 Balde de 4 L de capacidad, 01 Bidón de 30 galones de capacidad con tapa hermética con su respectivo biodigestor, 01 costal de tela (harina para pan) y 01 balanza con capacidad de 5 kg. Los insumos fueron: 25 L de agua no potable, 03 kg de melaza de caña, 02 L de leche fresca, 250 g de levadura fresca.

Se pesó 4 kg de la cepa madre anaeróbica (Bidón con tapa hermética) más 1 kg de la cepa madre aeróbica (Costal), los 5 kg de cepa madre fueron mezclados y en seguida envueltos en el costal de tela, simulando hacer un juane; así mismo, en un bidón con biodigestor se adicionaron 25 galones de agua sin cloro + 3 kg de melaza + 2 L de leche fresca + 250 g de levadura de pan y finalmente se mezcló; la cepa madre envuelta en el costal de tela fue sumergida en el bidón con agua, melaza, leche y levadura, finalmente fue cerrado el bidón con tapa hermética y almacenada hasta 15 días. Cumplido los 15 días se retiró 20 litros de cepa para procesar 500 kg de residuos agropecuarios.

Microorganismos del rumen (MR)

Los materiales e insumos que se utilizaron para la elaboración de la cepa microorganismos del rumen fueron los siguientes: 01 Bidón de 30 galones con tapa hermética y un costal de harina. Los insumos fueron: 90 L de agua no clorada, 10 kg de contenido ruminal, 16 kg de melaza de caña y 4 L de leche fresca.

Inmediatamente después de sacrificar a un bovino criado en la zona tropical, se tomó todo el contenido del rumen, incluido el líquido, haciendo un total de 10 kg, enseguida, la porción más líquida se colocó en el bidón y la porción sólida fue envuelta y amarrada en el costal de tela de algodón(tocuyo), el mismo fue introducido en el bidón, conteniendo la mezcla de: líquido ruminal, melaza de caña y leche fresca, finalmente, este contenido fue cerrado herméticamente por un periodo de 21 días, cumplido este periodo, se tomó el sobrenadante del bidón el cual fue utilizado con cepa de Microorganismos eficientes del rumen y adicionado a los residuos para el proceso de compostaje.

Microorganismos eficientes EM[®]

Este producto fue adquirido (1 L) de la empresa VALSER SAC y se caracteriza por ser una mezcla de varios microorganismos benéficos como levaduras, actinomicetos, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas, que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido; los principales microorganismos son: *Streptomyces albus*, *Rhodopseudomonas sphaeroides*, *Lacobacillus plantarum*, *Propionibacterium freudenreichil*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus faecalis*, *Aspergillus yzae*, *Mucobacter hiemalis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. El EM[®] es un pool de bacterias y levaduras (*Lactobacillus casei* 10³ UFC/mL, *Saccharomyces cerevisiae* 10³ UFC/mL, *Rhodopseudomonas palustris* 10³ UFC/mL) en concentraciones mayores a 100,000 UFC/mL de solución.

El EM[®] es producido con tecnología EM COMPOST con funciones de reducción de moscas, olores y principalmente mejorar la calidad nutricional de la gallinaza. Su activación se procedió de la siguiente manera: Se mezcló un litro de melaza, un litro de microorganismo EM y 18 litros de agua sin cloro, haciendo un total de 20 L; seguidamente, se colocó la mezcla en un bidón limpio y fue cerrado herméticamente por un periodo de cinco días en un ambiente bajo sombra. Luego, esta mezcla fue considerada cepa microbiana EM, el cual se adicionó en los procesos de compostaje de residuos.

3.3.2. Segunda etapa: Proceso de compostaje

Para el compostaje se utilizaron los siguientes insumos: 270 kg de estiércol de vacuno, 60 kg de estiércol de pollo, 3.5 kg de melaza, 3.5 kg de polvillo de arroz, 3.5 kg de ceniza, 7 kg de carbón molido y 20 L de microorganismos eficientes: MM, MR y EM[®], todos los insumos se ubicaron por capas y por último se tomó los microorganismos eficientes (líquido) y fue añadido con agua y melaza y así poder mezclar todos los insumos para obtener una mezcla

húmeda, de tal manera que se pueda obtener el compostaje en un periodo de 28 días.

3.4. Variable independiente

Microorganismos eficientes de montaña, de líquido ruminal y comercial (MM, MR y EM[®])

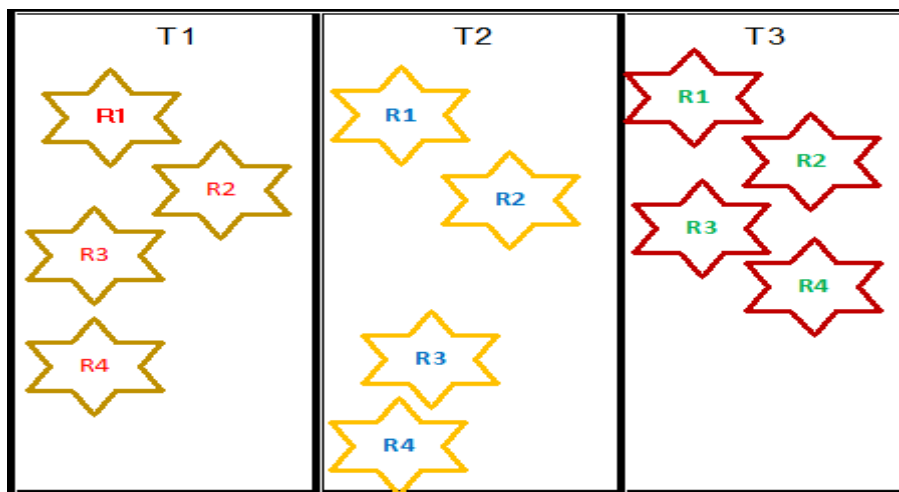
3.5. Tratamientos

T1 = Compostaje con microorganismos de bosque natural (MB).

T2 = compostaje con microorganismos de líquido ruminal (MR).

T3 = compostaje con microorganismos comerciales EM[®].

3.6. Croquis de distribución de tratamientos



3.7. Diseño y análisis estadístico

Para la evaluación estadística, las variables se sometieron en un diseño completamente al azar (DCA), cuyo modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ij} = u + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = j-esima observación bajo el i-esimo tratamiento

u = Media poblacional

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

e_{ij} = Error experimental

Los promedios fueron comparados con la prueba de Duncan (5%), y los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico infoStat (Infostat, 2018).

3.8. Variables dependientes

- ✓ Temperatura, °C
- ✓ Humedad, %
- ✓ Proporción de tamaño de partículas, %
- ✓ Concentración de macrominerales, %
- ✓ Concentración de micro minerales, %

3.9. Metodología

3.9.1. Temperatura

La evaluación de la temperatura se realizó dos veces al día, uno en la mañana y otra en la tarde con la ayuda de un termómetro digital, con sensibilidad de 0.1 °C.

3.9.2. Humedad

Para evaluar la humedad se tomó una muestra al final del trabajo de campo, que fue a los 28 días, dichas amuestras se llevaron al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia, dónde se pesó 100 gramos en una bandeja de aluminio y fue llevado a la estufa de ventilación forzada a 60 °C por un periodo de 72 horas, luego fue enfriado y nuevamente pesado para calcular el porcentaje de humedad de las muestras.

3.9.3. Tamaño de partícula

Se utilizó tres zarandas de 1.00, 0.75 y 0.50 pulgadas para pesar las proporciones de las muestras de abono que fueron tamizados con zarandas de diferentes diámetros. Esta evaluación se realizó al final de la evaluación de campo que fue de 28 días. El procedimiento consistió en: una porción de 2 kg del compost se hizo secar al medio ambiente y en seguida se zarandó con la zaranda de 0.5 pulgadas, en seguida la cantidad que no pasó nuevamente se zarandó con la zaranda de 0.75 pulgadas de diámetro y finalmente el sobrante, se zarandó con la zaranda de 1 pulgada de diámetro. Para finalizar se pesaron individualmente cada porción con sus respectivas zarandas de 0.50, 0.75 y 1.00 pulgadas, respectivamente, estos datos se expresaron en porcentajes.

3.9.4. Concentración de macro y micro minerales

Para la evaluación de concentraciones de macro y microminerales, se recolectó una muestra de 200 g de abono compostado, en total se tomaron 12 muestras, siendo cuatro repeticiones de cada tratamiento, estas muestras fueron identificadas y enviadas al Laboratorio de Suelos, para iniciar el proceso de secado con estufa de ventilación forzada a 60 °C y posteriormente molido, a continuación cada muestra fue incinerada en horno mufla a 500

°C /8 h, después las muestras incineradas se colaron con agua pura y las muestras sin los sólidos se llevaron al laboratorio para su análisis de macro y micro minerales con la ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica; entretanto, el fósforo se determinó a través del método colorimétrico con uso de un espectrofotómetro UV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se detallan los valores de la temperatura semanal de los abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes.

Tabla 1. Temperatura semanal de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes

Fuente	Temperatura, °C				
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
MB	36.6 ± 0.4	40.6 ± 1.1 a	45.8 ± 2.9	41.3 ± 3.4	37.5 ± 2.2
MR	37.3 ± 1.5	39.7 ± 0.4 a	42.4 ± 3.1	41.4 ± 2.7	40.3 ± 2.1
EM	34.7 ± 1.4	38.5 ± 0.2 b	42.4 ± 2.2	40.6 ± 2.1	39.7 ± 2.4
Promedio	36.2	39.6	43.5	41.00	39.2
p-valor	0.090	0.024	0.294	0.935	0.336
cv (%)	3.37	1.74	6.36	6.72	5.73

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Duncan 5%. MB: Microorganismo de bosque natural, MR: Microorganismos ruminales, EM: Microorganismos eficientes, cv: Coeficiente de variación.

Las temperaturas semanales de abonos orgánicos compostados no fueron influenciadas ($p > 0.05$) por las diferentes fuentes de microorganismos eficientes, con excepción para la primera semana, donde las temperaturas de los abonos compostados con MB y MR ($p > 0.05$) fueron mayores (40.6 °C y 39.7 °C, respectivamente) en relación con los abonos compostados con EM (38.5 °C); estos resultados son semejantes a los reportados por Vargas (2018), quien determinó temperaturas de 32.48 °C, 50.19 °C y 42.50 °C al día 1, 11 y 21 de compostaje en abonos compostados con diferentes fuentes de carbohidratos como pollaza y coronta.

La variación de la temperatura en procesos de compostaje se debe principalmente a la acción de los microorganismos; de esta forma, la temperatura es un factor importante en

procesos de compostaje (Liang et al., 2003; Miyatake et al., 2006). Durante el proceso de compostaje comúnmente se verifican tres fases: Fase mesófila inicial cuya temperatura no pasa más de 45 °C y esta fase finaliza en pocos días con la producción de ácidos orgánicos; Fase termófila se caracteriza por que la ruma presenta más de 45 °C y fase mesófila final, se caracteriza por poseer temperaturas como las que inició el proceso de compostaje, conocido como enfriamiento y cese de la actividad microbiana.

Los datos del presente estudio son semejantes a los propuestos anteriormente, siendo al inicio 36.2 °C, luego a los 7, 14 y 21 días que se reportan 39.6 °C, 43.5 °C y 41.0 °C, respectivamente, y finalmente al día 28 donde reporta 39.2 °C, siendo un indicativo que a los 28 días desciende la temperatura momento en que hay poca actividad microbiana debido a que ya se completaron o culminaron los procesos de degradación de materiales fibrosos.

En Tabla 2 se detallan los valores de humedad y materia seca de abonos orgánicos, compostados con diferentes fuentes de microorganismos.

Tabla 2. Porcentaje de humedad y materia seca de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes

Abonos orgánicos	Humedad	Materia seca
Microorganismos de bosque natural (MB)	48.69 ± 2.83	51.31 ± 2.84
Microorganismos ruminales (MR)	51.99 ± 2.68	48.01 ± 2.68
Microorganismos eficientes (EM)	51.61 ± 1.12	48.39 ± 1.12
p-valor	0.148	0.148
Coefficiente de variación (%)	4.61	4.76

La humedad de los abonos orgánicos a los 28 días de compostados (Tabla 2), no fueron influenciados ($p > 0.05$) por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos, cabe indicar que cada grupo de tratamiento fueron compostados con las mismas cantidades e insumos. La humedad inicial del compost generalmente es de 55% a 65% y cuando culmina el proceso de compostaje presentan menor humedad en este caso fue 48.69% para el tratamiento con microorganismos de bosque de natural, 51.99% para ruminales y 51.61% para los eficientes (Tabla 2).

La humedad del compost a los 28 días de edad, en promedio fue de 50.76%; resultados semejantes fueron reportados por Vargas (2018) quien determinó humedades de 55.73% y 53.81 en abonos orgánicos compostados durante 21 días, con microorganismos de

bosque natural y con dos fuentes de carbohidratos como pollaza (Cama de pollo a base de viruta y una crianza de 8 pollos/m² durante 35 días) y coronta de maíz, respectivamente.

Entretanto, Pérez et al. (2008) determinaron 30.30% como promedio de seis diferentes abonos orgánicos, compostados con microorganismos eficientes; estas diferencias, probablemente se deben al tipo de material utilizado en su preparación, a las condiciones ambientales y procesos de elaboración como los días de compostaje principalmente. Sin embargo, Ferrer et al. (1994) recomienda que la humedad adecuada de abonos orgánicos al final del proceso de compostaje debe estar en un rango entre 15 a 20%.

Maquez et al. (2008) indica que, en el proceso de compostaje el factor humedad es necesario para la actividad microbiológica; pero en un rango adecuado, cuando es mucha humedad o poca humedad el trabajo de los microorganismos se detiene, como toda organismos o microorganismos vivo, el agua es imprescindible para los procesos de alimentación, consumo, transporte y excreción. Asimismo, Jeris et al. (1973), Haug (1993) y Madejon et al. (2002) consideran que la humedad del sustrato a compostar es uno de los componentes más importantes, por lo que ha sido calificado como un criterio para la optimización del compostaje. Los mismos autores comentan que humedad óptima para el proceso de compostaje es cuando está entre 50% a 70%, además indican que cuando la humedad es mayor a 70%, se ocasiona anoxia microbiana; entretanto, cuando la humedad está por debajo de 30% la actividad microbiana cesa.

En la Tabla 3 se verifican las proporciones de tamaño de partícula de abonos orgánicos, compostados con diferentes fuentes de microorganismos. Las proporciones de tamaños de partículas menores a 0.5” del abono orgánico compostado durante 28 días, fue influenciado ($p < 0.05$) por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos, observándose mayores proporciones de tamaños pequeños en los tratamientos con microorganismos de bosque natural y ruminales (73.55% y 75.35%), respectivamente, en relación al tratamiento con microorganismos eficientes (71.69%); indicando que los microorganismos de Bosque natural y ruminales fueron los que redujeron el tamaño de las partícula, mucho más a los insumos utilizados en el proceso de compostaje.

Las proporciones de tamaños de partículas menores a 0.5” del abono orgánico compostado durante 28 días, fue influenciado ($p < 0.05$) por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos, observándose mayores proporciones de tamaños pequeños en los

tratamientos con microorganismos de bosque natural y ruminales (73.55% y 75.35%), respectivamente, en relación al tratamiento con microorganismos eficientes (71.69%); indicando que los microorganismos de Bosque natural y ruminales fueron los que redujeron el tamaño de las partícula, mucho más a los insumos utilizados en el proceso de compostaje.

Tabla 3. Proporción (%) del tamaño de partícula de abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes

Abonos orgánicos	>1.00''	0.75''	0.50''	<0.50''
MB	4.70 ± 1.3	7.92 ± 0.6	13.83 ± 2.2	73.55 ± 1.7 a
MR	4.35 ± 1.7	7.05 ± 2.5	13.25 ± 1.0	75.35 ± 3.8 a
EM®	7.53 ± 1.1	7.99 ± 0.9	12.79 ± 1.7	71.69 ± 1.6 b
Promedio (%)	5.53	7.65	13.29	73.53
p-valor	0.194	0.693	0.653	0.021
CV (%)	3.53	12.72	20.43	25.45

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Duncan 5%. MB: Microorganismo de bosque natural, MR: Microorganismos ruminales, EM: Microorganismos eficientes, CV: Coeficiente de variación.

Entretanto, las proporciones de tamaños de partículas mayores a 1'', 0.75'' y 0.50'' de diámetro, no fueron influenciados ($p > 0.05$) por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos. Además, se verifica que apenas un promedio de 5.53% corresponde a partículas mayores a 1'', 7.65% a partículas mayores a 0.75'', 13.29% a partículas mayores a 0.5'' y un porcentaje alto 73.53% a partículas menores a 0.5'' (Cuadro 3). Además, Orozco (1980) recomienda que el tamaño de partícula de los insumos a compostar sea entre 1 a 1.5 pulgadas y cuando concluya el proceso de compostaje reporte

También, Marquez et al. (2008) indica que el tamaño inicial de las partículas de los insumos a compostar es determinante para el proceso de compostaje, siendo más aconsejable tamaños más pequeños para aumentar la superficie de exposición de los insumos para la acción inmediata de los microorganismos; por lo tanto, el uso de insumos de menor tamaño para el proceso de compostaje facilita el ataque inmediato de los microorganismos y se acelera el proceso. Los tamaños óptimos de partículas de insumos a compostar son variables y dependen de los criterios de los autores, siendo entre 0.40'' y 1.97'' (Haug, 1993 y Kiehl, 1985) o entre 0.98'' y 1.06'' (Tchobanogolus et al., 1994).

En la Tabla 4 se verifican las concentraciones macrominerales de abonos orgánicos, compostados con diferentes fuentes de microorganismos.

Tabla 4. Concentración de macrominerales en abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes

Abonos	N, %	P, %	Ca, %	Mg, %	K, %	Na, %
MB	2.07±0.06	0.83±0.12	2.40±0.08	0.87±0.05	3.17±0.17 ^a	0.70±0.16
MR	2.03±0.05	0.70±0.08	2.27±0.09	0.80±0.08	2.90±0.08 ^b	0.73±0.05
EM	1.98±0.08	0.77±0.05	2.20±0.16	0.80±0.08	3.20±0.08 ^a	0.57±0.05
p-valor	0.5980	0.169	0.104	0.361	0.011	0.100
CV (%)	6.20	11.77	5.18	8.76	3.84	15.28

MB: Microorganismo de bosque natural, MR: Microorganismos ruminales, EM: Microorganismos eficientes, CV: Coeficiente de variación.

Las concentraciones de macrominerales en el abono orgánico a los 28 días de compostados no fueron influenciadas ($p > 0.05$) por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos, con excepción para potasio, dónde los abonos compostados con microorganismos de bosque natural y eficientes reportaron ($p < 0.05$) mayores niveles de potasio (3.17% y 3.20%, respectivamente), en relación con el abono compostado con microorganismos ruminales (2.90%).

Los insumos y las cantidades fueron los mismos para los tres tratamientos; sin embargo, se reporta diferencias ($p < 0.05$) en las concentraciones de potasio y diferencias numéricas en otros macrominerales, probablemente, estas diferencias se deben a las variaciones de pH que ocurre en el compostaje a efectos de cada fuente de microorganismos eficientes (Trouw, 1951 citado por León (2007); resultados corroborados por Leveau-Tuanama (2009) quienes verificaron la correlación positiva en un 63% de la asociación entre el pH y las concentraciones de fósforo en abonos compostados.

En cuanto concentraciones de macrominerales, resultados similares fueron reportados por Pérez et al. (2008), quienes determinaron 2.49% de fósforo, 10.85% de calcio, 1.21% de magnesio y 2.46% de potasio.

En el Tabla 5 se verifican las concentraciones micro minerales de abonos orgánicos, compostados con diferentes fuentes de microorganismos. Las concentraciones de micro minerales como: cobre y hierro en abonos orgánicos compostados durante 28 días, fueron influenciadas ($p < 0.05$) por la aplicación de microorganismos eficientes; entretanto, las concentraciones de zinc y manganeso no fueron influenciados por la aplicación de diferentes fuentes de microorganismos eficientes.

Tabla 5. Concentración de micro minerales en abonos orgánicos compostados con diferentes fuentes de microorganismos eficientes

Abonos	Cu, ppm	Fe, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm
MB	46.0 ± 0.82 b	3542 ± 296 a	111.3 ± 13.6	439 ± 19.9
MR	43.7 ± 1.25 b	3164 ± 28 b	124.3 ± 7.4	443 ± 12.7
EM	49.0 ± 2.45 a	3585 ± 60 a	125.3 ± 4.9	458 ± 11.1
p-valor	0.005	0.015	0.114	0.218
CV (%)	3.58	5.10	7.78	3.37

MB: Microorganismo de bosque natural, MR: Microorganismos ruminales, EM: Microorganismos eficientes, CV: Coeficiente de variación.

Observándose ($p < 0.05$) mayor concentración de cobre en abonos aplicados con microorganismos eficientes (49 ppm) en relación con los compostados con microorganismos de bosque natural y ruminales (46.0 ppm y 43.7 ppm, respectivamente); entretanto, las concentraciones de hierro fueron mayores en los abonos compostados con microorganismos de bosque natural y eficientes (3542 ppm y 3585 ppm, respectivamente) en relación con compostado con microorganismos ruminales (3164 ppm). Resultados similares fueron reportados por Pérez et al. (2008), quienes determinaron 200 ppm de cobre, 11500 ppm de hierro, 400 ppm de zinc y 500 ppm de manganeso.

Pérez et al. (2008) trabajaron en la caracterización física y química de abonos orgánicos y concluyeron que, las características físicas, químicas y biológicas de las enmiendas orgánicas evaluadas, varían con las condiciones de manejo, tipo de material utilizado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración. Asimismo, Leblanc *et al.* (2007) comenta que, la evaluación de abonos orgánicos en cuanto a su calidad se debe a la capacidad de ofrecer nutrientes biodisponibles a cierto cultivo; además indica que la calidad se evalúa meramente con el contenido de nutrientes del abono y que este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los insumos utilizados para el compostaje (Benzing, 2001).

En el proceso de compostaje, los microorganismos son los principales responsables de la transformación del sustrato; por lo tanto, todos aquellos factores que puedan influir en su crecimiento y desarrollo afectarán el proceso. Los factores más importantes que intervienen este proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana (ICONTEC, 2004). Además, Los microorganismos presentes en el compostaje producen una serie de enzimas extracelulares como proteasas, amilasa, lipasa y

otras que digieren los materiales insolubles, transformándolos en solubles y ser utilizados finalmente por estos como nutrimentos en su crecimiento (Jorge y Olivia, 2007).

Durante el proceso de compostaje se requiere el control de variables como la humedad, temperatura, pH, tamaño de partícula, la relación carbono nitrógeno; pero, sobre todo de la presencia de microorganismos capacitados para el proceso de degradación de compuestos fibrosos; por tanto, estos microorganismos son los responsables de la rápida o lenta transformación del insumo (desechos agropecuarios) (ICONTEC, 2004). Además, los microorganismos eficientes en los procesos de compostaje degradan a los componentes fibrosos por la producción y acción de enzimas como celulasas, proteasas, amilasa, lipasa y otras que digieren los materiales insolubles, transformándolos en compuestos solubles los cuales son utilizados como nutrientes para su crecimiento, reproducción y mantenimiento (Jorge y Olivia, 2007).

V. CONCLUSIÓN

- ✓ Se rechaza la hipótesis planteada y se acepta la alternante, teniendo los abonos orgánicos valores semejantes de pH y temperatura cuando fueron compostados con microorganismos de bosque natural, de rumen y comercial EM[®].
- ✓ Las diferentes fuentes de microorganismos eficientes como: microorganismos de bosque natural (MB), microorganismos ruminales (MR) y microorganismos eficientes (ME), no influenciaron la temperatura y la humedad del compostaje.
- ✓ La mayor proporción de partículas pequeñas menores a 0.5” fueron obtenidas en el abono orgánico compostados con microorganismos ruminales (MR) y microorganismos de bosque natural (MB).
- ✓ Mayores concentraciones de potasio y hierro fueron obtenidas abonos orgánicos compostados durante 28 días con microorganismos de bosque natural (MB) y microorganismos eficientes (ME). Entretanto, los niveles de hierro apenas fueron mayores en abonos orgánicos compostados con microorganismos eficientes (ME).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- ✓ Compostar desechos de la actividad pecuaria con ayuda de microorganismos eficientes: microorganismos de bosque natural (MB), microorganismos ruminales (MR) y microorganismos eficientes (ME).
- ✓ Continuar los estudios con diferentes fuentes de microorganismos, evaluando la calidad microbiológica y la maduración de abonos orgánicos.

VII. REFERENCIAS

- ALVAREZ, S. 2005. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. REDALYC, España. Vol. XIV, N° 2: 17 – 29.
- BENZING, A. 2001. Agricultura Orgánica - fundamentos para la región andina. Neckar - Verlag, Villingen - Schwenningen, Alemania. 682 p.
- CHIRIBOGA, H.; GOMEZ, G. Y ANDERSON, J. 2015. Manual de abono orgánico sólido y líquidos. Paraguay.
- DOMÍNGUEZ-BELLO, M. 1996. Detoxication in the rumen. *Annales de Zootechnie* 45 Suppl. p.323-327.
- EMRO INTERAMÉRICA. 2013. VII Reunión Anual de Productores Autorizados de latinoamericana. Tecnología Effective Microorganisms en porcicultura. Ambiem Ltda. Est. Maracaiúbas. N° 52.
- ESCANDON, S. Y CORAL, P. 2010. Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan una salud sana. USAID. Quito – Ecuador.
- ICONTEC. 2004. Norma Técnica Colombiana 5167. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Bogotá, D.C., junio 15 de 2004, p.6.
- INFOSTAT. 2018. Software para análisis estadístico. Córdoba, Argentina.
- FINOL, P. 2004. Evaluación del líquido ruminal. Facultad de ciencias veterinarias, Universidad de Zulia. Maracaibo – Venezuela.
- FRAGA, M. 2010. Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos. Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Facultad de Veterinaria. Universidad República. Uruguay. 80 p.
- HAUG, R. 1993. The practical handbook of compost engineering. Lewis Publisher. Boca Ratón Florida. 358 p.
- IFA. 2012. Fertilizantes y su uso. 632 p. Paris – Francia.
- INFOSTAT. 2018. Software para análisis estadístico. Córdoba, Argentina.
- JERIS, J.; REGAN, R. 1973. Controlling environmental parameters for optimum composting. Part II, *Composting Science*. v. 14, p. 8-15.
- JORGE, R. Y OLIVIA, R. 2007. El compostaje y su utilización en agricultura. Dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina.

- 1da ed. Chile: Salviat Impresores. 35 pp. ISBN 978- 956-7874-70-5.
- KIEHL, F. 1985. Fertilizantes orgânicos. Editora agronômica ceres Ltda. São Paulo Brasil, 95 p.
- LEBLANC, H.; CERRATO, M.; MIRANDA, A.; VALLE, G. 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 3 (1): 97-107.
- LEVEAU-TUANAMA, R. 2009. Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto Perú. 120 p.
- LIANG, C.; DAS, K.; McCLENDON, R. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.* v. 86: 131-137.
- MADEJÓN, E.; DÍAZ, M.; LÓPEZ, R.; CABRERA, F. 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Biores. Technol.* v. 85: 73-78.
- MARQUEZ, P.; BLANCO, M.; CAPITAN, F. 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. In: *Compostaje* Ed. por Casco, J.; Herrero, R.; Madrid España. p. 76-93.
- MIYATAKE, F.; IWABUCHI, K. 2006. Effects of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.* v. 97: 961-965.
- PÉREZ, A.; CÉSPEDES, C.; NÚÑEZ, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8 (4) 10-29.
- PICADO, J. Y AÑASCO, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos - sólidos y líquidos.
- ROBLES, R. 2014. Guía de práctica de preparación de cepa madre y activación de microorganismos de montaña. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2p.
- ROBLES, R. 2015. Guía de práctica de preparación de abonos orgánico mediante el proceso de compostaje. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2p.
- RODRIGUEZ, A. & VALENCIA, E. 2008. Microbiología ruminal. *Ruminantia Estación Experimental Agrícola*. Vol 3 N° 1. Puerto Rico. 40 p.
- ROMAN, P.; MARTINEZ, M. Y PANTOJA, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile – Chile.
- SILVA, J.; LOPEZ, P. Y VALENCIA, P. 2008. Recuperación de Nutrientes en fase sólida a través del Compostaje. Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería. Cali-Colombia.

- TCHOBANOGOLUS, G. THEISEN, H.; VIGIL, S. 1994. Gestión integral de residuos sólidos. Ed. McGraw-Hill. Madrid España. 1107 p.
- SOTO, G. 2003. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. CATIE Taller. P. 27.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGARIA DE LA SELVA. 2018. Datos meteorológicos. Estación meteorológica José Abelardo Quiñones. Datos no publicados.
- VARGAS, D. 2018. Caracterización nutricional de abonos orgánicos compostados con residuos agropecuarios. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. p. 52.

VIII. ANEXO

Anexo 1. Análisis de variancia de fósforo en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.03555556	0.01777778	2.18	0.1688
Error	9	0.07333333	0.00814815		
Total correcto	11	0.10888889			

Anexo 2. Análisis de variancia de calcio en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.08296296	0.04148148	2.95	0.1036
Error	9	0.12666667	0.01407407		
Total correcto	11	0.20962963			

Anexo 3 Análisis de variancia de magnesio en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.01185185	0.00592593	1.14	0.3612
Error	9	0.04666667	0.00518519		
Total correcto	11	0.05851852			

Anexo 4. Análisis de variancia de potasio en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.21629630	0.10814815	7.68	0.0113
Error	9	0.12666667	0.01407407		
Total correcto	11	0.34296296			

Anexo 5. Análisis de variancia de sodio en abonos orgánicos

Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.06222222	0.03111111	3.00	0.1004
Error	9	0.09333333	0.01037037		
Total correcto	11	0.15555556			

Anexo 6. Análisis de variancia de cobre en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	57.18518519	28.59259259	10.43	0.0045
Error	9	24.66666667	2.74074074		
Total correcto	11	81.85185185			

Anexo 7. Análisis de variancia de hierro en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	428588.7407	214294.3704	7.00	0.0147
Error	9	275515.3333	30612.8148		
Total correcto	11	704104.0741			

Anexo 8. Análisis de variancia de zinc en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	488.000000	244.000000	2.79	0.1143
Error	9	788.000000	87.555556		
Total correcto	11	1276.000000			

Anexo 9. Análisis de variancia de manganeso en abonos orgánicos

Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	823.407407	411.703704	1.81	0.2179
Error	9	2043.333333	227.037037		
Total correcto	11	2866.740741			

Anexo 10. Análisis de variancia de nitrógeno en abonos orgánicos

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.02	0.01	0.54	0.5980
Error	9	0.14	0.02		
Total correcto	11	0.16			