

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMIA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN



**EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS PARA INDUCIR LA
DESCOMPOSICIÓN DE MATERIAL ORGANICO, EN FINCA PANAMÁ, SANTA
BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ.**

Por:

T.P.A. Edwin Orlando Xiloj Gualip

Carné: 201541665

Inga. Agra. María Clarisa Rodríguez García

ASESORA-SUPERVISORA

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, SEPTIEMBRE DE 2024.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional
y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación se lo dedico a:

Principalmente a Dios, quien es que nos da la sabiduría, el conocimiento y la fuerza, para cualquier situación, ya que, durante el proceso de formación académica, pasaron muchas cosas en la cual solo Dios fue la fortaleza para salir adelante.

A mi padre Salvador Xiloj, quien me apoyó incondicionalmente, y que desde el cielo se que se siente feliz y orgulloso de este logro profesional, ya que siempre estuvo para mi desde el inicio de mi formación, inculcándome valores, como el respeto, la responsabilidad y el temor a Dios.

A mi madre Josefina Gualip, que, con su amor, paciencia y cariño, siempre fue mi apoyo desde el inicio hasta el final de esta etapa profesional.

A mi familia, mi esposa Joselin Reyes, mis hijos Sebastián y Adriana, quienes fueron mi apoyo emocionalmente durante esta etapa, a mi esposa que, con su amor, comprensión y cariño, fue clave principal para la culminación de esta etapa profesional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. MARCO TEÓRICO	4
1. Marco conceptual.....	4
1.1. Importancia de la materia orgánica.....	4
1.2. Definición de compost.....	4
1.3. Fases del compostaje	5
1.3.1. Fase mesófila	5
1.3.2. Fase termófila o de higienización	5
1.3.3. Fase de enfriamiento o mesófila II.	6
1.3.4. Fase de maduración.....	6
1.4. Condiciones que intervienen en el compostaje	6
1.4.1. Temperatura	6
1.4.2. Humedad.....	7
1.4.3. Tiempo de descomposición.....	7
1.4.4. Potencial de hidrogeno (pH).....	7
1.5. Lombricultura.....	7
1.5.1. La lombriz coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	8
1.5.2. Temperatura óptima	9
1.5.3. Humedad óptima.....	9
1.5.4. Clasificación taxonómica de la coqueta roja	9
1.5.5. Hábitos de la coqueta roja	10

1.5.6. Alimentación de la <i>Eisenia foetida</i>	10
1.5.7. Producto del lombricompost.....	11
1.6. Microorganismos eficientes.....	11
1.6.1. Bacterias ácido lácticas.....	13
1.6.2. Las bacterias fotosintéticas	13
1.6.3. Levaduras.....	14
1.6.4. Propiedades funcionales que desempeñan los microorganismos eficientes y sus aplicaciones agrícolas	14
1.7. Microorganismos de montaña	15
1.7.1. Bacterias fototróficas <i>Rhodopseudomonas spp.</i>	15
1.7.2. Bacterias ácido lácticas <i>Lactobacillus spp.</i>	15
1.7.3. Levaduras <i>Saccharomyces spp.</i>	15
1.7.4. <i>Actinomycetos Actinomyces spp.</i>	15
2. Marco Referencial.....	16
2.1. Localización de la investigación	16
2.2. Zona de vida de finca Panamá.....	16
2.3. Temperatura de finca Panamá.....	16
2.4. Precipitación anual de finca Panamá	17
2.5. Productos evaluados.....	17
2.5.1. Coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	17
2.5.2. Microorganismos de montaña (material orgánico del volcán de Atitlán)	18
2.5.3. Microorganismos eficaces	19
2.6. Investigaciones relacionadas.....	19
IV. OBJETIVOS	21

1. General	21
2. Especifico	21
V. HIPÓTESIS	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	23
1. Recursos	23
1.1. Físicos:	23
1.2. Humanos:.....	23
1.3. Financieros:	23
2. Metodología	24
2.1. Para identificar el método que reduzca el tiempo (días) de descomposición de material orgánico para la producción de compost, se siguieron los siguientes pasos:	24
2.1.1. Descripción	24
2.1.1.1. Coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	24
2.1.1.2. Preparación de microorganismos de montaña (materia orgánica del volcán de Atitlán).....	26
2.1.1.3. Preparación de microorganismos eficaces	32
2.1.2. Variables.....	34
2.1.3. Modo de análisis de variable.....	34
2.2. Para determinar el porcentaje de los macronutrientes (N, P y K) disponibles, a través del análisis químico para la producción de compost, se realizó los siguientes pasos:	35
2.2.1. Descripción	35
2.2.2. Variable.....	35
2.2.3. Modo de análisis de la variable	35

2.3. Para determinar las condiciones climáticas que interviene en el proceso de descomposición, del material orgánico para compost, se procedió a los siguientes pasos:	36
2.3.1. Descripción	36
2.3.1.1. Temperatura.....	36
2.3.1.2. Humedad.....	37
2.3.2. Variable.....	37
2.3.3. Modo de análisis de variable.....	38
2.4. Para realizar la comparación de los costos de cada tratamiento evaluado para la laboración de compost, se procedió los siguientes pasos:	38
2.4.1. Descripción	38
2.4.2. Variable.....	38
2.4.3. Modo de análisis de variable.....	38
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
1. Identificación del método que reduce el tiempo de descomposición de material orgánico para la producción de compost.....	39
1.1. Días de descomposición.....	39
2. Determinar el porcentaje de los macronutrientes (N, P y K) disponibles, a través del análisis químico de los métodos realizados para la producción de compost.	42
2.1. Contenido nutricional.....	42
2.1.1. Porcentaje de nitrógeno.....	42
2.1.2. Porcentaje de fósforo	44
2.1.3. Porcentaje de potasio.....	46
3. Determinar qué condiciones climáticas interviene en el proceso de descomposición, del material orgánico para compost.	48

3.1. Temperatura	48
3.2. Humedad.....	50
4. Costos por tratamiento	51
4.1. Coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	51
4.2. Microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán).....	52
4.3. Microorganismos eficaces.....	53
4.4. Testigo (por oxidación)	54
VIII. CONCLUSIONES.....	56
IX. RECOMENDACIONES.....	58
X. REFERENCIAS.....	59
XI. ANEXOS	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1: Hongos indicadores de la fase mesófila II	6
2: Anatomía interna de la lombriz	9
3: Fotografía de un recipiente del producto EM 1	12
4: Localización del experimento	16
5: Criadero de coqueta roja, Granja Zahorí	25
6: Pesado de coqueta roja	25
7: Aplicación de coqueta roja a la unidad experimental	26
8: Recolección de microorganismos de Montaña (materia orgánica del volcán de Atitlán)	27
9: Traslado de los M. orgánica	27
10: Limpieza del material M. montaña	28
11: Aplicación de harina a los microorganismos de montaña	28
12: Aplicación de humedad a la mezcla	29
13: Sellado de recipiente	29
14 Materia orgánica de volcán en estado sólido	30
15: M. de montaña en estado sólido	30
16: M. montaña en estado liquido	31
17: Humedeciendo la materia orgánica	31
18: Vaciado del metro cúbico de materia orgánica	32
19: Activación de M. eficaces	33
20: Reposo de microorganismos	33
21: Diferencia entre microorganismos eficaces y de montaña	33

22 Descomposición de materia orgánica	34
23 Toma de muestra de compost	35
24: Toma de temperatura	36
25 Medición de porcentaje de humedad.....	37
29: Comportamiento de la temperatura por tratamiento	50
27: Promedio del comportamiento de humedad por tratamiento	51
31: Análisis de abono orgánico Analab.....	67

INDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1: Registro de precipitación anual, de finca Panamá	17
2: Materiales utilizados en la investigación	23
3. Métodos evaluados en la investigación.....	24
4: Composición del producto de M. eficaces	32
5: Tabla de datos de los costos tomados en cuenta en la investigación	38
6: Tabla de datos transformados de la variable días de descomposición	39
7: Tabla de análisis de varianza de la variable días de descomposición.....	39
8: Tabla múltiple de medias Tukey de la variable días de descomposición	40
9: Tabla de datos transformados de la variable nitrógeno en gr/kg de compost.	42
10: Tabla de análisis de varianza de la variable nitrógeno.....	43
11: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de nitrógeno	43
12: Tabla de datos transformados de la variable fósforo en gr/kg de compost.	44
13: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de fósforo	44
14: Tabla de análisis múltiple de medias Tukey, variable % de fósforo	45
15: Tabla de datos transformados de la variable potasio en gr/kg de compost.	46
16: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de potasio	46
17: Análisis múltiple de medias Tukey de la variable potasio	47
18: Resumen de resultados de los elementos nutricionales por tratamiento	48
19: Condiciones climáticas a medir por tratamiento	48
20: Tabla de datos de temperatura de cada tratamiento evaluado.....	49
21: Costos por metro cúbico del tratamiento uno Coqueta roja	52
22: Costos por metro cúbico del tratamiento dos Microorganismos de montaña.....	53

23: Costos por metro cúbico del tratamiento tres Microorganismos eficaces	53
24: Costos por metro cúbico del tratamiento cuatro (testigo).	54
25: Resumen de costos por tratamiento de la investigación.....	55
26: Datos de días de descomposición por tratamiento y repetición.....	62
27: Datos de porcentaje de nitrógeno, por tratamiento y repetición gr de N/ kg de compost.....	62
28: Datos de porcentaje de fosforo, por tratamiento y repetición gr de P/kg de compost.....	63
29: Datos de porcentaje de potasio, por tratamiento y repetición gr de k/kg de compost.....	63
30: Datos de peso (kg), por tratamiento y repetición.....	64

RESUMEN

La evaluación de los cuatro métodos para inducir a la descomposición tuvo como objetivo principal optimizar el tiempo de descomposición de la materia orgánica, como también determinar qué método obtiene mayor cantidad de elementos principales como: nitrógeno, fósforo y potasio ya que son los macronutrientes con más demanda por las plantas.

Para ello se realizó un experimento con un diseño completamente al azar, se determinaron cuatro tratamientos las cuales finca Panamá estuvieron interesados en que se evaluaran estos métodos: tratamiento 1 *Eisenia foetida*, tratamiento 2 microorganismos de montaña (volcán de Atitlán); tratamiento 3 microorganismos eficaces, (producto comercial, bioestimulante y activador microbiano benéfico) y tratamiento 4 (testigo absoluto). El análisis de los datos se realizó por medio del análisis de varianza a través del programa INFOSTAT, como también se realizaron pruebas múltiples de medias con un 5% de significancia.

Se implementaron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales, todos los métodos fueron evaluados con la misma cantidad de material orgánico de un metro cubico, todas las unidades experimentales estuvieron compuestos de los siguientes materiales: 70% viruta, 20% cáscara de macadamia y 10% de estiércol de ganado.

Según los análisis estadísticos realizados, el tratamiento que reduce el tiempo de descomposición de la materia orgánica, es el tratamiento uno coqueta roja *Eisenia foetida*, ya que se descompuso en un promedio de 138 días, comparado con el que más tiempo llevó en descomponer que fue un promedio de 181 días que lo reportó el tratamiento cuatro (testigo absoluto).

Con los valores de los elementos, el tratamiento que mayor cantidad de nitrógeno produjo fue el tratamiento uno (coqueta roja), con un promedio de 21.13% del elemento. En cuanto al fosforo, el tratamiento tres microorganismos eficaces fue el que mayor cantidad produjo con un promedio de 0.89% del elemento. Con el elemento potasio, dos tratamientos obtuvieron alta cantidad de potasio las cuales son, tratamiento dos

microorganismos de montaña (materia orgánica del volcán de Atitlán) con promedio de 1.50% y el tratamiento cuatro, testigo con promedio de 1.40%.

Se realizó una comparación de costos por cada tratamiento, en las cuales se tomaron en cuenta todos los gastos económicos realizados para poder montar el experimento, la cual se determinó que el tratamiento que tuvo menos costos de producción, fue el tratamiento cuatro (testigo) con un precio de Q 158.98 por metro cúbico, con un promedio de peso de 442.27 kg/m³ que equivale a 9.7 quintales, por cada quintal de este tratamiento fue de Q 16.38, ya que a este método no se le implementó ningún agente de descomposición.

SUMMARY

The evaluation of the four methods to induce decomposition had as its main objective to optimize the decomposition time of organic matter, as well as to determine which method obtains the greatest amount of main elements such as: nitrogen, phosphorus and potassium since they are the macronutrients with the most demand for plants.

For this, an experiment was carried out with a completely randomized design, four treatments were determined, which Panama farm were interested in evaluating these methods, which were: treatment 1 *Eisenia foetida*, treatment 2 mountain microorganisms (Atitlán volcano); treatment 3 effective microorganisms (commercial product, biostimulant and beneficial microbial activator) and treatment 4 (absolute control). Data analysis was carried out through analysis of variance through the INFOSTAT program, as well as multiple tests of means with a 5% significance level.

Four treatments and four repetitions were implemented, making a total of 16 experimental units, all methods were evaluated with the same amount of organic material of one cubic meter, all experimental units were composed of the following materials: 70% shavings, 20% macadamia shell and 10% cattle manure.

According to the statistical analyzes carried out, the treatment that reduces the decomposition time of organic matter is the treatment of one red coquette *Eisenia foetida*, since it decomposed in an average of 138 days, compared to the one that took the longest to decompose. It was an average of 181 days reported by treatment four (absolute control).

With the values of the elements, the treatment that produced the greatest amount of nitrogen was treatment one (red coquette), with an average of 21.13% of the element. Regarding phosphorus, the treatment with three effective microorganisms was the one that produced the greatest amount with an average of 0.89% of the element. With the element potassium, two treatments obtained a high amount of potassium, which are treatment two mountain microorganisms (organic matter from the Atitlán volcano) with an average of 1.50% and treatment four, control with an average of 1.40%.

A comparison of costs was carried out for each treatment, which took into account all the economic expenses incurred in order to set up the experiment, which determined that the treatment that had the least production costs was treatment four (control) with a price of Q 158.98 per cubic meter, with an average weight of 442.27 kg/m³ which is equivalent to 9.7 quintals, for each quintal of this treatment it was Q 16.38, since no decomposition agent was implemented in this method.

I. INTRODUCCIÓN

Finca Panamá Agropecuaria Atitlán S.A, se encuentra ubicada en el municipio de Santa Bárbara, del departamento de Suchitepéquez, actualmente realiza fertilizaciones químicas a todos sus cultivos, generando altos costos en el presupuesto, ya que según FAO (2022) el precio de los fertilizantes se encuentra elevado un 60% de su valor normal, por lo que se requiere la búsqueda de nuevas alternativas para suplir estas necesidades de las plantas.

La investigación tuvo como propósito principal evaluar qué método reduce el tiempo de descomposición del material orgánico, como también cuál de ellos generó mayor cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales fueron determinados a través de un análisis de abono orgánico.

Por lo antes mencionado, se realizó la evaluación de cuatro métodos de descomposición utilizando microorganismos de montaña (materia orgánica del volcán Atitlán) (bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras), microorganismos eficientes (bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con capacidad fermentativa), coqueta roja *Eisenia foetida* y el testigo sin ningún agente de descomposición.

Para ello se implementaron los cuatro métodos descritos anteriormente, para el tratamiento uno, se utilizó la especie *Eisenia foetida*, la cual todos los métodos fueron evaluados en una misma cantidad de materia orgánica que es de un metro cúbico, que estaba compuesto del 70% de madera, 20% cáscara de macadamia y 10% de estiércol. La coqueta roja fue alimentada con esta materia orgánica para su descomposición, para el tratamiento dos, que es la materia orgánica del volcán de Atitlán, estos microorganismos fueron recolectados en la reserva natural con la que cuenta finca Panamá, posterior a ello se reprodujeron en estado sólido luego a estado líquido, para poder incorporarlos mediante humedad al material que se deseaba descomponer.

Los microorganismos eficaces, pasaron por un proceso de activación, ya que este es un producto comercial que requiere de activación de los microorganismos mediante un proceso descrito en la metodología, posterior a la activación se procedió a la

incorporación al material mediante humedad para evaluación, el tratamiento cuatro (testigo) este método solo fue humedecido con agua, ya que es como normalmente lo realizan en finca, se tomó este procedimiento para poder tener una comparación de los tratamientos implementados con la manera que la finca lo realiza.

La evaluación de esta investigación en finca Panamá, fue de gran importancia, ya que a través de ello se encontró un método que redujo el tiempo en días de descomposición del material orgánico, ayudando también a generar información de la cantidad de elementos que se producen por cada método para la nutrición de las plantas y así contribuir en la reducción de los costos de fertilizaciones de los cultivos establecidos.

II. JUSTIFICACIÓN

Actualmente las fertilizaciones aplicadas a los diferentes cultivos implementados en finca Panamá Agropecuaria Atitlán S.A. son realizadas con fertilizantes químicos, tienen la ventaja de tener una reacción más rápida, pero el costo de estos fertilizantes es elevado en un 60% en la actualidad, generando el incremento en los presupuestos para las fertilizaciones en la finca.

Si se toma como referencia el cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia”, en finca Panamá, este cultivo cuenta con un programa de fertilizaciones, en la cual aplican cuatro veces por año dependiendo de la edad del cultivo así será la dosis aplicar, para una densidad de 287 árboles/hectárea en una edad de ocho años, el costo es de Q 1,571.63. Finca Panamá cuenta con 112.36 hectáreas de este cultivo, por lo que es necesario la búsqueda de nuevas alternativas para cumplir con esta necesidad de cada cultivo, tomando como opción la producción y utilización de abonos orgánicos para suplir los fertilizantes químicos. Como también para utilizarlo en los diferentes cultivos ya que finca Panamá cuenta con *Coffea arabica* “Café”, *Hevea brasiliensis* “Hule”, *Macadamia integrifolia* “Macadamia”, *Cinchona officinalis* “Quina”, *Citrus latifolia* “Limón persa” y *Garcinia mangostán* “Mangostán”.

La investigación permitirá a la empresa Agropecuaria Atitlán S.A, emplear el método para generar compost que mejor le convenga, así también se utilizaron los residuos orgánicos para producir eficientemente compost, como también tiende a contribuir a la reducción de costos en el presupuesto de aplicación de fertilizaciones a los cultivos y el mejoramiento de las estructuras del suelo a través de la incorporación de microorganismos y nutrientes.

III. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Importancia de la materia orgánica

Román, Martínez, & Pantoja (2013), indican que la materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo, ya que este es un solo compuesto, su composición es muy variada, pues proviene de la descomposición de plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio.

Estos materiales inician un proceso de descomposición o de mineralización, y cambian de su forma orgánica (seres vivos) a sus formas inorgánicas (minerales, solubles o insolubles). Estos minerales fluyen por la solución de suelo y finalmente son aprovechados por las plantas y organismos, o estabilizados hasta convertirse en humus, mediante el proceso de humificación. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

Cajahuanca (2016). Dice que este mismo proceso ocurre en una pila de compostaje y en el suelo, la materia orgánica compuesta por azúcares complejos (lignina, celulosa, hemicelulosa, almidón, presentes en los residuos vegetales especialmente) y proteínas (presentes en los residuos animales especialmente), estos son atacadas por microorganismos, quienes la descomponen para formar más microorganismos. En esta transformación, se genera también biomasa, calor, agua, y materia orgánica más descompuesta. Sin embargo, en el suelo, no se habla de compostaje pues el proceso puede darse en condiciones aeróbicas o anaeróbicas (como los cultivos de arroz bajo inundación), y no se presentan las fases características de calentamiento (o termófila o de higienización).

1.2. Definición de Compost

El compostaje es el proceso de descomposición controlada de la materia orgánica. En lugar de permitir que el proceso suceda de forma lenta en la propia naturaleza, puede prepararse un entorno optimizando las condiciones para que los agentes de la descomposición proliferen. Estas condiciones incluyen una mezcla correcta de Carbono (C), Nitrógeno (N), y Oxígeno (O), así como control

de la temperatura, pH o humedad. Si alguno de estos elementos abundase o faltase, el proceso se produciría igualmente, pero quizás de forma más lenta e incluso desagradable por la actuación de microorganismos anaerobios que producen olores. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

1.3. Fases del compostaje

1.3.1. Fase mesófila

Cajahuanca (2016), señala que la fase mesófila se presenta al momento de la instalación, intervienen los microorganismos mesófilos, mediante su actividad existe un aumento de temperatura y los ácidos orgánicos producidos bajan el pH.

Sztem y Pravia (2004), citado por Naranjo (2013). Indica que la fase de latencia, crecimiento, mesolítica o mesófila es la fase que perdura de 2 a 4 días se da por los microorganismos adaptados a esas condiciones de temperatura pudiendo llegar a los 50 °C en lo que se pueden encontrar los oomicetos, zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos y una serie de hongos, en estas condiciones se proliferan producto de su actividad metabólica, que usan toda sustancias carbonadas (almidón, proteínas solubles, aminoácidos).

1.3.2. Fase termófila o de higienización

Cajahuanca (2016), señala que esta fase es cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir del 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

1.3.3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II.

Ramírez y Restrepo (2007), citado por Naranjo (2013), indican que cuando las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje sea agotado, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista como se observa en la figura uno. Que al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente. Indican que esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.



Figura 1: Hongos indicadores de la fase mesófila II
Fuente: (Román, Martínez, & Pantoja 2013)

1.3.4. Fase de maduración

Ramírez y Restrepo (2007), citado por Naranjo (2013), mencionan que los microorganismos termófilos se reducen y aparecen los basidiomicetos que descomponen la lignina y los actinomicetos la celulosa.

1.4. Condiciones que intervienen en el compostaje

1.4.1. Temperatura

De acuerdo con Román, Martínez, & Pantoja (2013), se consideran óptimas las temperaturas en un intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos que ayudan a la descomposición mueren y otros no actúan al estar esporados.

1.4.2. Humedad

Cochachi (2008), citado por Soriano (2016). Indica que la humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular, por lo cual indica que la humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 40 - 60% de humedad, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje.

La humedad para el proceso de compostaje depende del tipo de material usado siendo en materiales secos mucho mayor que en restos de cocina, situándose en 55 % de humedad favorecer la actividad microbiana (Niño, 2005).

1.4.3. Tiempo de descomposición

Torres (2017), menciona que la frecuencia de volteos de 8 y 16 días influye en la descomposición del compost con menor tiempo de 46.17 y 48.33 días, y que en la elaboración de compost con la aplicación de dosis de microorganismos eficientes los días se reducen de 89 a 76 días en la técnica de compostaje en base a pulpa de café y gallinaza.

1.4.4. Potencial de hidrogeno (pH)

Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5). (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

1.5. Lombricultura

Se define como la técnica de criar intensivamente lombrices en cautiverio, las cuales están en disposición de transformar con su proceso digestivo, enormes cantidades de desechos orgánicos en humus; es una actividad sencilla que cualquier agricultor puede emprender, con la ventaja de acelerar el proceso de descomposición de los desechos orgánicos que posee en su finca y obtener lombricompost y lombrices para utilización en la misma finca. Bravo, (1996)

1.5.1. La lombriz coqueta roja *Eisenia foetida*

De acuerdo con Espinoza (1999), la lombriz coqueta roja, es un anélido cilíndrico de boca bilabiada, el lado superior formado por el ribete del primer segmento y el inferior por el del segundo segmento. Cada anillo del cuerpo contiene cerdas no visibles y unos o dos poros, carecen de ojos; entre los anillos 32 y 38 se encuentran un ensanchamiento o prominencia denominada clitelio, esta parte tiene importancia en el proceso de reproducción. (figura 2)

Espinoza (1999), indica que las lombrices son animales hermafroditas, cada individuo porta los órganos reproductores masculinos y femeninos, pero es necesario el apareamiento para que se realice la fecundación. En el acoplamiento se realiza un intercambio recíproco de espermatozoides.

Morran, (1998), indica que la lombriz “coqueta roja” *Eisenia foetida* es una de las 1,600 clases de lombrices de tierra que existen en el mundo, y es el resultado del cruce entre la lombriz de tierra *Lumbricus terrestris* y la lombriz maloliente *Helodrilus foetidus* que vive en el abono orgánico.

Las lombrices poseen 6 riñones, lo que le permite comer y aprovechar casi todo; tiene 5 corazones y su sangre contiene la sustancia llamada hemoglobina, que es la que le da color rojo, igual que a la de los humanos. Morran (1998), indica que la coqueta respira por la piel y no tiene ojos. Su cuerpo es sensible a la luz, especialmente a los rayos ultravioleta de la luz solar, los cuales la pueden matar inmediatamente.

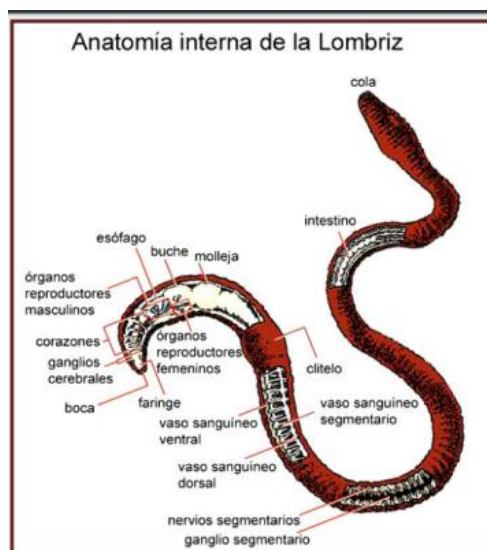


Figura 2: Anatomía interna de la lombriz
Fuente: (Morran, 1998)

1.5.2. Temperatura óptima

Según Zanier, (2000), la temperatura ideal dentro del compostero es de entre 20°C y 25°C. Con una excesiva acumulación de calor, se evita con la aireación de los materiales, que además oxigena la mezcla. Asimismo, es necesario un ambiente húmedo para prevenir la deshidratación de la lombriz y favorecer su desplazamiento en el sustrato.

1.5.3. Humedad óptima

De acuerdo con Zanier (2000), una humedad de alrededor del 70% al 80% es la ideal en la elaboración de lombricompost. Arriba de este rango, se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas.

1.5.4. Clasificación taxonómica de la coqueta roja

Phyllum: *Anélidos*

Clase: *Clitelados*

Orden: *Oligochaeta*

Familia: *Lombricidae*

Género: *Eisenia*

Especie: *Eisenia foetida*

Nombre común: Lombriz roja californiana ó lombriz coqueta roja

1.5.5. Hábitos de la coqueta roja

Bravo, (1996), indica que las lombrices se desarrollan en cualquier tipo de suelo, sin importar los grados de acidez que esté presente. En particular prefiere suelos húmedos y frescos, con pH cercano al neutro, ricos en materia orgánica. Este reporta que esta especie consume toda clase de residuos orgánicos en descomposición ya sean animales o vegetales; les perjudica tanto la falta como el exceso de humedad, en el agua se asfixian mientras la falta de humedad las dejan inactivas, lo que en ambos casos les provoca la muerte en corto tiempo. Es adaptable a todos los campos, lugares, ciudades y ambientes; deposita su excremento de manera pareja sobre y dentro del primer metro de profundidad.

1.5.6. Alimentación de la *Eisenia foetida*

De acuerdo con Bravo, (1996), la base alimenticia de la lombriz debe de ser materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), matarán a las lombrices.

Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando entre otros:

- Restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera.
- Desperdicios de mataderos.
- Residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas.
- Frutas y tubérculos no aptos para el consumo humano o vegetal.
- Fangos de depuradoras.
- Basuras.
- Estiércol de especies domésticas: Bravo, (1996)

1.5.7. Producto del lombricompost

Morran, (1998), indica que el lombricompost es un fertilizante bioorgánico de estructura coloidal, producto de la digestión de las lombrices, que se presenta como un material desmenuzable, ligero. Es un producto terminado, muy estable, imputrescible y no fermentable. Este posee una alta carga microbiana del orden de los 20 mil millones por gramo seco, protegiendo a la raíz de otros tipos de bacterias patógenas, aún de nematodos, contra los cuales está indicado especialmente. La relación entre microorganismos y raíces hace que aumente la disponibilidad de nutrientes asimilables.

El lombricompost es un fertilizante protector del suelo contra la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo, de su estructura, aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro).

1.6. Microorganismos eficientes

La tecnología de los microorganismos eficaces de origen biológico, fue desarrollada en la década de los 80, por el Dr. Teruo Higa nacido en Okinawa, Japón, agrónomo, doctorado en investigación y profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa.

Ñaupari, (2015), indica que el producto EM. 1 es la selección de microorganismos benéficos obtenidos de la naturaleza; no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Estos son ampliamente utilizados en alimentación humana, clasificados por la OMS en el nivel de bioseguridad 1, siendo totalmente seguros para el hombre, los animales y el medio ambiente.

De acuerdo con Ñaupari (2015). EM.1 es la abreviación de Effective Microorganisms, conformados por una mezcla de 3 diferentes tipos de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos benéficos altamente eficaces ver figura (3). Estos son Bacterias Fotosintéticas (*Rhodospseudomona sspp.*), Bacterias Ácido-lácticas (*Lactobacillus spp.*) y Levaduras (*Saccharomicete sspp.*), entre otros.

Cortez (2008), indica que estos microorganismos están presentes en la naturaleza, juntos aceleran la descomposición natural de materia orgánica y promueven un proceso de fermentación antioxidante, evitando malos olores y contribuyendo a la regeneración, equilibrio y bienestar del ecosistema. Esta Biotecnología fue diseñada para saneamiento ambiental, purificación de aguas, producción agrícola y animal sustentable, logrando productos de alta calidad a bajo costo.

Los microorganismos eficientes se componen de cinco grupos microbianos generales:

- a-) Bacterias ácido lácticas
- b-) Bacterias fotosintéticas
- c-) Levaduras
- d-) Actinomicetes
- e-) Hongos filamentosos

En la siguiente figura, se observa un envase del producto comercial de los microorganismos eficaces, la cual este es utilizado en finca Panamá en las fosas sépticas, como método de sanitización de las mismas.



Figura 3: Fotografía de un recipiente del producto EM 1

1.6.1. Bacterias ácido lácticas

Según Cortez (2008), estos son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros.

Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifido bacterium*, *Lactococcus*, *Strepto coccus* (*S. lactis*) y *Pediococcus*, que pueden ser aisladas a partir de alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas y los tractos respiratorio, intestinal y vaginal de animales homeotérmicos entre otros. (Cortez, 2008)

FUNDASES, 2014 citado por Soriano (2016), indica que las bacterias ácido-lácticas. Actúan como estabilizadores suprimiendo a los microorganismos patógenos y acelera la descomposición siendo capaz de transformar la lignina y celulosa por el incremento de la fragmentación sin alterar el proceso del compostaje.

1.6.2. Las bacterias fotosintéticas

De acuerdo con Cajahuanca (2016), estas bacterias son un grupo de microorganismos representados fundamentalmente por las especies *Rhodopseudomonas*.

Palustris y *Rhodo bacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos facultativos. Este grupo utiliza como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y como fuente de energía utilizan la luz solar y la energía calórica del suelo.

Entre las bacterias fotosintéticas que forman parte de los ME, *R. palustris* es una bacteria fototrófica facultativa clasificada como una bacteria púrpura no de azufre. Esta especie es capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, donde todos ellos pueden ser utilizados por microorganismos heterótrofos para su crecimiento. (Cajahuanca, 2016)

1.6.3. Levaduras

Naranjo (2013), indica que las levaduras son un grupo microbiano presente en la preparación de los ME capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos.

Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las BAL. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica. (Naranjo, E. 2013)

1.6.4. Propiedades funcionales que desempeñan los microorganismos eficientes y sus aplicaciones agrícolas

Cajahuanca, (2016), indica que el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que habitan en el entorno natural. Ellos son quienes descomponen la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan desarrollar una óptima actividad de descomposición se requieren (52 ° - 65°C, contenido de humedad entre el 30 - 45 %). El compost tiene su origen a partir de residuos vegetales y animales.

Un ejemplo notable es el abono tipo Bocashi, el cual es un abono orgánico fermentado resultado de un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los propios residuos, en condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, capaz de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir al suelo.

1.7. Microorganismos de montaña

Según Bravo, (1996), los microorganismos de montaña contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos: bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras, que se desarrollan en diferentes ecosistemas. En estos ecosistemas se genera una descomposición de materia orgánica, que se convierte en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora, por ejemplo, cerros, bosques mixtos, y latifoliados, plantaciones de café, plantaciones de bambú, entre otros.

A continuación, se describen los géneros de los microorganismos antes mencionados:

1.7.1. Bacterias fototróficas *Rhodopseudomonas spp.*

Higa (2013), indica que estas bacterias usan luz solar y el calor del suelo para transformar las secreciones de las raíces, materia orgánica y los gases nocivos que en ocasiones son los encargados de generar malos olores en sustancias que favorecen el desarrollo de las plantas.

1.7.2. Bacterias ácido lácticas *Lactobacillus spp.*

Higa (2013), indica que “estas bacterias eliminan microorganismos que son dañinos para las plantas. Aceleran la descomposición de la materia orgánica para que la aprovechen los cultivos.”

1.7.3. Levaduras *Saccharomyces spp.*

Higa (2013), indica que estas levaduras “producen unas sustancias llamadas hormonas y enzimas, que ayudan a reproducir las células y estimulan el crecimiento de las raíces del cultivo.”

1.7.4. Actinomicetos *Actinomyces spp.*

Higa (2013), menciona que estos “Hongos benéficos que controlan hongos y bacterias patógenas (causantes de enfermedades), y que dan a las plantas mayor resistencia a través del contacto con patógenos debilitados.”

2. Marco Referencial

2.1. Localización de la investigación

La investigación será realizada en finca Panamá, de la empresa “Agropecuaria Atitlán S.A.” localizada al sur de las faldas del volcán de Atitlán, la cual pertenece al municipio de Santa Bárbara del departamento de Suchitepéquez.



Figura 4: Localización del experimento

2.2. Zona de vida de finca Panamá

Según el sistema ecológico de IARNA (2018), finca Panamá “Agropecuaria Atitlán S.A.”, se sitúa dentro de la clasificación de Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, (bmh-PMT), el cual se presenta con los siguientes porcentajes de uso de la tierra: 39.70% del área que ocupa esta zona de vida está cubierta por bosque, el 19.90% por matorrales y arbustos, el 17.95% por café, el 8.99% por agricultura anual, y tan sólo el 3.27% por pastizales.

2.3. Temperatura de finca Panamá

Oscila entre una mínima de 15.95 °C y la máxima de 32.6 °C. La humedad relativa se encuentra en promedio alrededor del 80%.

2.4. Precipitación anual de finca Panamá

Tabla 1: Registro de precipitación anual, de finca Panamá

Mes	2020	2021	2022
Enero	67.4	62.4	87.2
Febrero	90	24	9.8
Marzo	8.4	66.8	50
Abril	95.6	376.8	226.2
Mayo	480.6	651.8	832.8
Junio	494	531.4	649
Julio	311.2	245.8	439.4
Agosto	678.2	917.6	414.6
Septiembre	737.2	663.2	902.6
Octubre	584.4	545.2	77.4
Noviembre	181.2	94.6	85
Diciembre	70.6	81.6	75.5
Total general	3798.8	4261.2	3849.5

Fuente: AGRATISA (2022)

En finca Panamá cuentan con una estación meteorológica, la cual registran diariamente la precipitación pluvial (tabla 1), por lo que se realizó un resumen mensual de los dos años, anteriores, obteniendo un promedio general de 3,969.83 milímetros al año.

2.5. Productos evaluados

2.5.1. Coqueta roja *Eisenia foetida*

Según Inversa, (2011), la lombriz coqueta roja *Eisenia Foetida* son sanitizadoras naturales, no contraen ni transmiten enfermedades, dado que se alimentan de hongos, bacterias y protozoos, flora microbiana degradadora y generadora de enfermedades. Los desechos domiciliarios son transformados en humus, fertilizante natural por excelencia y es la feca de la lombriz.

Las lombrices adultas pesan de 0.24 hasta 1.4 gramos, comiendo una ración diaria que tiende a su propio peso; de ella, un 55% se traduce en abono, lo que hace muy

interesante en su caso la lombricultura (incluso si consideramos la carne de lombriz producida a partir de desperdicios).

El humus proviene de la descomposición de la materia orgánica por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negrozco, este sirve como excelente fertilizante para diversos cultivos.

Inversa (2011), indica que se utiliza esta especie por su rusticidad, capacidad de apiñamiento y confinación, además tolera amplios rangos de Ph, humedad y temperatura. A diferencia de la lombriz de tierra come, con mucha voracidad, todo tipo de materia orgánica bien de origen doméstico o agropecuario (estiércoles, rastrojos de cultivos, residuos de hortalizas y frutas, malezas, etc.). Como la mayoría de las lombrices Epigeas se alimentan de bacterias, hongos, actinomicetos, algas microscópicas y protozoos, que se producen de forma natural en los procesos de descomposición de la materia orgánica. Es capaz de digerir diariamente su propio peso y excretar un 60% de excelente abono, el humus de lombriz o lombricompost.

2.5.2. Microorganismos de montaña (material orgánico del volcán de Atitlán)

De acuerdo con Soriano J, (2016), los microorganismos de montaña (MM) son inóculos microbianos con altas poblaciones principalmente de hongos, bacterias y actinomicetos, que se encuentran naturalmente en el suelo. (Camacho, F. et al. 2018). Son un biofertilizante económico, que contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Según Soriano J, (2016), los microorganismos de montaña se encuentran en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural no intervenido; en promedio hay 80 especies de microorganismos, comprendidos en unos diez géneros que pertenecen a cuatro grupos: bacterias, fotosintéticos, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras. Para obtener la base de este inóculo, se debe acudir a las zonas en las que se desarrollan, es decir a un ambiente natural, por ejemplo, se pueden encontrar en el suelo de montañas, bosques, parras de bambú y lugares sombreados donde en los últimos tres años no se han utilizado agroquímicos. Este insumo puede elaborarse como inóculos sólidos y líquidos.

Funciones

- Colonizan el suelo aumentando la variedad de microorganismos benéficos.
- Controlan plagas y enfermedades.
- Descomponen la materia orgánica e incrementan la disponibilidad de nutrientes del suelo promoviendo el desarrollo del follaje y la floración.
- Inhiben y controlan el crecimiento de microorganismos dañinos.
- Aceleran la germinación de las semillas.
- Controlan malos olores y moscas.
- Fijan nitrógeno en la atmósfera.

2.5.3. Microorganismos eficaces

Según Cortez, S, (2008), el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que habitan en el entorno natural. Ellos son quienes descomponen la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan desarrollar una óptima actividad de descomposición se requieren (52° - 65° C, contenido de humedad entre el 30 - 45 %). El compost tiene su origen a partir de residuos vegetales y animales.

Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que, al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas. Acelera el proceso de compostaje a una tercera parte del tiempo de un proceso convencional.

2.6. Investigaciones relacionadas

Según Naranjo, (2013), los tratamientos incluyeron el uso de microorganismos locales y el producto comercial Compost Treet. Las dosis de aplicación variaron entre 10 cc/10 lt, 20 cc/10 lt y 30 cc/10 lt de agua.

Según Naranjo (2013), el tratamiento que obtuvo los mejores resultados en términos de tiempo requerido para obtener compost fue aquel que usó Compost Treet a una dosis de 30 cc/10 lt de agua, con un tiempo promedio de 83 días. Este tratamiento fue el más rápido en la transformación de desechos orgánicos en compost. El otro tratamiento donde utilizaron Compost Treet y microorganismos locales a dosis de 20

cc/10 lt y 30 cc/10 lt, con tiempos promedio de 90 a 95 días, todos ubicados en el primer rango de significación.

En contraste, los tratamientos que emplearon dosis más bajas de microorganismos, es decir, 10 cc/10 lt de agua, junto con el grupo de control, experimentaron un mayor tiempo en la obtención del compost, con un promedio compartido de 120 días, ubicándose en el segundo rango.

Según Romeo, (2015), sobre “Efecto de la lombriz coqueta roja *Eisenia foetida*, *lumbricidae* sobre la calidad nutricional de seis sustratos”. Contenido de Nitrógeno (N): Se observa que el tratamiento tres (pulpa de café) tuvo el mejor resultado en cuanto al contenido de nitrógeno, con una media del 3.18%. Este tratamiento se ubicó en el grupo A y se destacó como el más eficiente en la conversión de sustratos en abono orgánico en términos de contenido de nitrógeno.

Contenido de Fósforo (P): los tratamientos dos (estiércol equino) y seis (mezcla de estiércol equino y pulpa de café) mostraron los mayores porcentajes de contenido de fósforo, con 0.67% y 0.60%, respectivamente. Ambos tratamientos utilizaron estiércol equino como sustrato base, lo que contribuyó a estos resultados.

Contenido de Potasio (K): el tratamiento tres (pulpa de café) exhibió el contenido de potasio más alto en comparación con los demás tratamientos. Esto se debe a la alta extracción de potasio por parte de las plantas de café.

Mejor conversión de sustratos a abono orgánico: Los tratamientos uno (estiércol bovino), cinco (estiércol bovino + pulpa) y dos (estiércol equino) obtuvieron los mejores porcentajes de conversión de sustratos en abono orgánico. Estos tratamientos demostraron ser eficientes en transformar los sustratos en compost de alta calidad.

IV. OBJETIVOS

1. General

Evaluar cuatro métodos para la inducción de la descomposición de material orgánico, sobre el tiempo de compostaje, en Finca Panamá Agropecuaria Atitlán S.A. Santa Barbará Suchitepéquez.

2. Especifico

- Identificar el método que reduzca el tiempo (días) de descomposición de material orgánico para la producción de compost.
- Determinar el porcentaje de los macronutrientes (N, P y K) disponibles, a través del análisis químico para la producción de compost.
- Determinar las condiciones climáticas que interviene en el proceso de descomposición, del material orgánico para compost.
- Realizar una comparación de los costos de cada tratamiento evaluado para la elaboración de compost.

V. HIPÓTESIS

Ho1. Los cuatro métodos de descomposición tendrán el mismo efecto sobre las variables: días de descomposición, porcentaje de nutrientes y condiciones climáticas.

Ho2. Al menos un método de descomposición tendrá diferente efecto sobre las variables: días de descomposición, porcentaje de nutrientes y condiciones climáticas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Recursos

1.1. Físicos:

- Piletas de concreto (2)
- Carretas (2)
- Palas (2)
- Termómetro (1)
- Hidrómetro (1)
- Regaderas (1)
- Nylon

1.2. Humanos:

- Estudiante EPS
- Supervisor de lombricultura
- 2 jornales

1.3. Financieros:

Se detalla los recursos financieros que finca Panamá aportó para la investigación realizada, ya que fue quien apoyó económicamente para que se realizará.

Tabla 2: Materiales utilizados en la investigación

Materiales	Cantidad	Precio
Viruta de madera de <i>Gmelina arbórea</i>	11.14 m ³	Q2,234.00
Estiércol de ganado	1.58 m ³	Q316.00
Cáscara de macadamia <i>Macadamia integrifolia</i>	3.19 m ³	Q0.00
Coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	20 kg	Q300.00
Harina de maíz	4 kg	Q24.05
M. eficaes	2 litros	Q200.00
Melaza	5 kg	Q3.00
M. Montaña	45.45 kg	Q120.00
Total		Q3,197.05

2. Metodología

2.1. Para identificar el método que reduzca el tiempo (días) de descomposición de material orgánico para la producción de compost, se siguieron los siguientes pasos:

2.1.1. Descripción

Para alcanzar este objetivo, se implementaron cuatro métodos, los cuales fueron evaluados con el fin de determinar cuál de ellos reduce el tiempo que conlleva descomponer material orgánico:

Tabla 3. Métodos evaluados en la investigación

Método	
1	Coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>)
2	Microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán)
3	Microorganismos eficaces
4	Por oxidación (testigo)

Para el primer método que fue la coqueta roja, se realizó con el siguiente procedimiento.

2.1.1.1. Coqueta roja *Eisenia foetida*

La coqueta roja es uno de los métodos que fueron evaluados en el experimento, para ello se tomó como referencia a IHCAFE, que indica que para un metro cubico de compost, es necesario una cantidad de cinco kilogramos de lombrices coqueta roja *Eisenia foetida*, por lo que se procedió a la compra de estas especies, las cuales fueron compradas en Granja Experimental Zahorí, que pertenece al CUNSUROC, ya que cuentan con un criadero de esta especie (figura 5), para ello se compró un total de 20 kilogramos de lombrices.



Figura 5: Criadero de coqueta roja, Granja Zahorí

Por cada repetición del experimento se utilizaron cinco kilogramos, para ello se pesó con ayuda de una pesa de reloj, como se observa en la siguiente figura, posterior a ello a cada unidad experimental de este método, se le aplicó el 20% del metro cúbico del material orgánico con el fin de que las lombrices fueran consumiendo el material que estaba a disposición, ya que cada semana se le proporcionó una capa de diez centímetros (0.2 m^3 material orgánico) para que siempre tuvieran alimento.



Figura 6: Pesado de coqueta roja

Posterior a ello, se realizó la aplicación de estas especies a cada cama de sustrato con el 20% del metro cúbico, esto fue realizado distribuyendo homogéneamente las lombrices en todo el espacio como se observa:



Figura 7: Aplicación de coqueta roja a la unidad experimental

Para la implementación del segundo método que fue la utilización de microorganismos de montaña, se procedió a realizar el siguiente procedimiento.

2.1.1.2. Preparación de microorganismos de montaña (materia orgánica del volcán de Atitlán)

Para los microorganismos de montaña, se realizó la recolección de estas especies, en la reserva natural con la que cuenta finca Panamá, para posteriormente reproducirlas en el área de lombricultura. Según CENTA, (2000) para la reproducción de los microorganismos se debe seguir el siguiente procedimiento:

Las materias orgánicas del volcán son: hongos, bacterias, micorrizas, levaduras y otros organismos benéficos. Los cuales viven y se encuentran en el suelo de montañas, bosques, parras de bambú, lugares sombreados y sitios donde en los últimos 3 años no se han utilizado agroquímicos.



Figura 8: Recolección de microorganismos de montaña
(materia orgánica del volcán de Atitlán)

Para recolectar la materia orgánica de los lugares seleccionados, se apartó la capa de hojas de la superficie ya que debajo de la hojarasca es donde se encontraron estos microorganismos, como se observa en la figura ocho, posteriormente se procedió a trasladarlos en sacos para el área de lombricultura como se ve en la figura:



Figura 9: Traslado de los M. orgánica

Limpieza y desmenuzado del material.

Se eliminaron piedras y palos gruesos que se encontraban en el material, estos fueron desmenuzados manualmente. Ver figura 10



Figura 10: Limpieza del material M. montaña

Incorporación de harina de maíz.

Posteriormente se agregó cuatro kilogramos de harina de maíz en 23 kilogramos de microorganismos de montaña, como se observa en la figura, mezclando con una pala, este se repitió 2 a 3 veces el volteo hasta conseguir una mezcla uniforme.



Figura 11: Aplicación de harina a los microorganismos de montaña

Aplicación de agua miel a la mezcla.

Se colocó el agua con miel en una regadera con una relación 1:2 de melaza y agua, esta permitió humedecer la mezcla uniformemente.

De acuerdo con CENTA, (2000). La humedad fue determinada realizando la “prueba del puño”, que consistió en tomar un puñado de material que al oprimirlo con la

mano se formó una bolita sin escurrir agua, al tocarla con el dedo debe desmoronarse con facilidad. Se muestra:



Figura 12: Aplicación de humedad a la mezcla

Colocar la mezcla dentro del barril.

Se realizaron capas de 15 centímetros del material, y con un mazo de madera, se apelmazó dentro del barril hasta compactar bien cada capa. Al terminar de llenar el barril se dejó un espacio vacío de unos 10 centímetros entre la tapadera y el material compactado.

Sellado del recipiente

Este fue sellado con una tapadera, la cual se dejó en reposo por 20 días, en un lugar fresco y sombreado para favorecer la reproducción de las diferentes especies de microorganismos anaeróbicos, como se observa:



Figura 13: Sellado de recipiente

Pasados los 20 días de reposo, se obtuvo la proliferación de esporas, las cuales están conformadas de un grupo de hongos y bacterias que realizan el trabajo de descomposición de la materia orgánica como se observa en la figura 14.



Figura: 14 Materia orgánica de volcán en estado sólido

Luego de obtener los microorganismos de montaña en estado sólido (figura 15), se procedió a pasarlos a estado líquido, utilizando el siguiente procedimiento:

En un barril de 200 litros se introdujo lo siguiente:

1. 5Kg de materia orgánica en estado sólido, se colocó en un trapo para luego introducirlo en el barril.
2. 3.785 litros de melaza, este fue mezclado en el agua.
3. Se llenó el resto con agua sin cloro.
4. Se tapó el barril herméticamente (5 días).



Figura 15: M. de montaña en estado sólido

Para la aplicación de este método, se realizó un proceso de activación ya descrito anteriormente, se tomó como referencia a CENTA, (2000) que recomienda la utilización de dos litros de microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) en estado líquido en 100 litros de agua figura (16). Utilizando esta recomendación se utilizó un tonel de 200 litros de agua, en donde se aplicaron cuatro litros de microorganismos de montaña activados, este fue utilizado para humedecer la mezcla de material orgánico hasta alcanzar una humedad del 40%, este fue medido por medio de un hidrómetro disponible en finca.



Figura 16: M. montaña en estado líquido

Luego de obtener los microorganismos de montaña preparados para ser utilizados, con la ayuda de una cubeta se fue humedeciendo poco a poco el metro cúbico, hasta alcanzar la humedad deseable (40%), como se observa en la figura, así mismo se fue mezclando con ayuda de una pala, con el fin de humedecer homogéneamente todo el material orgánico.



Figura 17: Humedeciendo la materia orgánica

Alcanzado el 40% de humedad, se procedió a vaciar el metro cúbico de la mezcla a la unidad experimental (figura 18), la cual este ya estaba preparado con los separadores colocados, posterior a ello se colocó un nylon para cubrir el material, ya que, según Higa, T. (2013) dice que los microorganismos se reproducen más en oscuridad.



Figura 18: Vaciado del metro cúbico de materia orgánica

Para el tercer método se utilizaron microorganismos eficaces, previo a ser utilizados se realizó la activación de estos siguiendo los pasos que a continuación se describen.

2.1.1.3. Preparación de microorganismos eficaces

Actualmente finca Panamá cuenta con este producto en bodega, ya que es utilizado para la incorporación a las fosas sépticas de beneficio de látex, por lo que se utilizó para la investigación inferencial, este es un producto comercial se encuentra en estado sólido (EM.1), cuenta con una concentración de Unidad Formadora:

Tabla 4: Composición del producto de M. eficaces

Composición	Unidad formadora colonial (UFC)/cc
Bacterias fotosintéticas	1.6x10
Bacterias lácticas	6.0x10
Levaduras	3.3x10
Melaza	5%
Material inerte	95%

Fuente: Panfleto del producto. (2022)

Previo a la aplicación en la materia orgánica, este producto pasó por un proceso de activación ya que se encuentra en latencia, basado en el panfleto para la activación de este, se siguieron los pasos recomendados:

En un envase limpio, se mezcló homogéneamente 1 litro de melaza, con 18 litros de agua limpia sin cloro, posteriormente se agregó un litro de EM.1 (figura 19), éste se dejó fermentar durante 7 días, en un recipiente sellado con una salida de gases.



Figura 19: Activación de M. eficaces

La mezcla de este producto con la melaza se incorporó a un recipiente el cual fue colocado en un lugar fresco para que los microorganismos se activaran para poder darle uso en la aplicación de los ensayos.



Figura 21: Reposo de microorganismos

Figura 20: Diferencia entre microorganismos eficaces y de montaña. Nota: M. eficaces (izquierda), M. montaña (derecha).

Para la cosecha de los tratamientos se procedió a una prueba para determinar si el compost ya se encontraba en etapa de madurez, la cual consistió en lo siguiente: tomando como referencia Naranjo, (2013), quien indica que el material deberá estar oscuro, con olor a suelo húmedo, y cuando se realiza la prueba del puño, no debe mostrar exceso de humedad (figura 22). Posterior a ello se llevó el registro de los días que tardó en descomponerse cada método.



Figura 22 Descomposición de materia orgánica

2.1.2. Variables

- Días de descomposición
- Cambio de color claro a oscuro, con olor a suelo húmedo
- Con la prueba del puño, no debe mostrar exceso de humedad mayor del 80%
- Prueba de la bolsa plástica, si se infla en 24 horas, el material orgánico aun no es un compost maduro, ya que aún sigue en proceso de fermentación.

2.1.3. Modo de análisis de variable

Para el análisis de estas variables, se realizó el análisis estadístico, mediante la prueba múltiple de medias, de los días que duraron cada unidad experimental en su descomposición del material orgánico.

2.2. Para determinar el porcentaje de los macronutrientes (N, P y K) disponibles, a través del análisis químico para la producción de compost, se realizó los siguientes pasos:

2.2.1. Descripción

Para el cumplimiento de este objetivo, se procedió a la toma de submuestras de cada tratamiento y cada repetición de la investigación, con el fin de que las muestras que se mandaron analizar sean representativas de cada unidad experimental. Para ello se procedió con lo siguiente:

Se tomó una muestra de un kilogramo por cada unidad experimental, ver (figura 23), la cual fue enviada al laboratorio de ANALAB para su respectivo análisis de abono orgánico, posterior fue analizado el porcentaje de macronutrientes que aportaban cada método de descomposición. (ver figura 31 anexos).



Figura:23 Toma de muestra de compost

2.2.2. Variable

Porcentaje de macronutrientes (NPK) por cada método de descomposición de material orgánico.

2.2.3. Modo de análisis de la variable

Para determinar el porcentaje de nutrientes, se tomaron tres submuestras de cada tratamiento y cada repetición, para obtener una sola muestra por cada repetición, las cuales fueron enviadas al laboratorio de ANALAB, para su análisis químico. Luego se realizó el análisis estadístico por cada elemento (Nitrógeno,

fósforo y potasio), utilizando el programa INFOSTAT, previo a realizarse el análisis estadístico por medio del programa ya mencionado, se procedió a realizarse la transformación de los datos, ya que los resultados enviados del laboratorio son representados en porcentajes, la cual se transformó a gramos del elemento/kilogramo de muestra de compostaje por cada elemento para que sea una variable continua que no necesita ser transformado.

2.3. Para determinar las condiciones climáticas que interviene en el proceso de descomposición, del material orgánico para compost, se procedió a los siguientes pasos:

2.3.1. Descripción

2.3.1.1. Temperatura

Para determinar el comportamiento de la temperatura de cada tratamiento, durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, se tomó lectura mediante un termómetro disponible en finca, la cual se introdujo a la materia orgánica y este marcaba la temperatura en la que se encontraba como se observa en la figura 24. Esta lectura se realizó con un intervalo de 15 días, fue tomada por la mañana, para que el aumento de temperatura del día no influyera, para tener información de cómo se comporta la temperatura por tratamiento y luego obtener una gráfica del comportamiento de la temperatura, por cada método evaluado.



Figura 24: Toma de temperatura

2.3.1.2. Humedad

La humedad es esencial para el crecimiento y la actividad de los microorganismos involucrados para la descomposición. La falta de humedad en la materia orgánica detiene la actividad microbiana, por ello para cada método de descomposición se llevó el control de la humedad según su requerimiento, ya que la coqueta roja *Eisenia foetida*, requiere mayor humedad, estas especies respiran a través de la piel en comparación de los otros métodos implementados, por ello se registró el comportamiento de la humedad por cada tratamiento, este dato fue tomado en horas de la mañana con ayuda de un hidrómetro disponible en finca:



Figura 25 Medición de porcentaje de humedad

2.3.2. Variable

En cuanto a la variable temperatura, se buscó determinar el comportamiento en °C de cada unidad experimental con el fin de realizar una curva del comportamiento de la misma. Respecto a la humedad se buscó mantener el porcentaje de humedad del material orgánico con el fin de que hubiera suficiente humedad para las fases de descomposición.

2.3.3. Modo de análisis de variable

Para el análisis de estas dos variables, se tomaron los promedios de la temperatura de cada tratamiento como también el promedio de humedad.

2.4. Para realizar la comparación de los costos de cada tratamiento evaluado para la elaboración de compost, se procedió los siguientes pasos:

2.4.1. Descripción

Se realizó el registro de todos los gastos económicos, realizados de cada tratamiento, como, por ejemplo: el precio de los materiales a utilizar, el costo de la coqueta roja, la cantidad de jornales a utilizar entre otros, esto para determinar qué tratamiento es menos costoso producir, ejecutando comparaciones de los gastos efectuados durante la investigación.

Tabla 5: Tabla de datos de los costos tomados en cuenta en la investigación.

Materiales	Cantidad	Precio
Viruta de madera de <i>Gmelina arbórea</i>	11.14 m ³	Q2,234.00
Estiércol de ganado	1.58 m ³	Q316.00
Cáscara de macadamia <i>Macadamia integrifolia</i>	3.19 m ³	Q0.00
Coqueta roja <i>Eisenia foetida</i>	20 kg	Q300.00
Harina de maíz	4 kg	Q24.05
M. eficaes	2 litros	Q200.00
Melaza	5 kg	Q3.00
M. Montaña	45.45 kg	Q120.00
Total		Q3,197.05

2.4.2. Variable

Costo por cada kilogramo producido de cada método de descomposición.

2.4.3. Modo de análisis de variable

El análisis de esta variable fue mediante el costo promedio por cada metro cúbico de material orgánico descompuesto.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Identificación del método que reduce el tiempo de descomposición de material orgánico para la producción de compost.

1.1. Días de descomposición

Los valores correspondientes al tiempo en la obtención del compost (días), para cada tratamiento y cada repetición, se observan en la tabla 26 en anexo, cuyo promedio general fue de 159 días de descomposición, como también en la tabla seis se observa los datos transformados de la variable días. Según los resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando el análisis de varianza con un 5% de significancia tabla siete se acepta la hipótesis Ho2, que indica que al menos un método de descomposición tendrá diferente efecto sobre las variables respuestas, ya que p-valor es menor que 0.05 que indica que si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 6: Tabla de datos transformados de la variable días de descomposición.

	I	II	III	IV	Suma	Promedio
Coqueta roja	11.75	11.75	11.75	11.75	46.99	12
Microorganismos de montaña	12.85	13.00	12.85	13.04	51.73	13
Microorganismos eficaces	12.25	12.25	12.45	12.08	49.03	12
Téstigo	13.42	13.60	13.42	13.42	53.85	13
Suma transformación	50.26	50.60	50.46	50.29		
Promedio	12.56	12.65	12.61	12.57		

Tabla 7: Tabla de análisis de varianza de la variable días de descomposición.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.8	3	2.27	221.76	<0.0001
Tratamiento	6.8	3	2.27	221.76	<0.0001
Error	0.12	12	0.01		
Total	6.92	15			

C.V: 0.8 %

Se obtuvo un 0.8% de coeficiente de variación lo que indica que la investigación fue bien manejada. Como se determinó que si hay diferencia significativa entre tratamiento se procedió a realizar el análisis múltiple de medias Tukey al 5% de significancia.

Tabla 8: Tabla múltiple de medias Tukey de la variable días de descomposición

Tratamiento	Medias	Prom. Días	Significancia
Testigo	13.47	181	A
M. Montaña (materia orgánica de volcán)	12.94	167	B
M. eficaces	12.26	150	C
Coqueta roja	11.75	138	D

En la tabla anterior se observa la prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia, se determina que, existen cuatro rangos de descomposición, A, B, C y D, la media más alta se representa por el testigo, obteniendo un valor de 13.47 este es un valor transformado, donde la media del testigo es de 181 días de descomposición, ya que a este tratamiento no se le incorporó ningún método que acelere su descomposición por lo que su proceso fue más lento.

Esto debido a que en estos tres tratamientos testigo, microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán de Atitlán) y microorganismos eficaces, el método de descomposición fue por descomposición microbiana, en la cual estos microorganismos descomponen materia orgánica mediante la liberación de enzimas que rompen enlaces químicos en los compuestos orgánicos. Los productos finales de este proceso son sustancias más simples, como agua, dióxido de carbono, minerales y nutrientes inorgánicos, que pueden ser utilizados por las plantas para su crecimiento.

La degradación de componentes como la lignina, los compuestos fenólicos, las grasas y ceras requiere una actividad microbiana lenta, y por consiguiente su proceso de

mineralización se alarga, por lo cual se considera de mineralización lenta, la cual atrasa la descomposición de la materia orgánica.

Seguido del tratamiento dos que son los microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán), obteniendo una media de 12.94 valor transformado, una media de 167 días de descomposición, la cual da la pauta que agregando un agente de descomposición a los sustratos estos reducen el tiempo de la producción de compostaje. El tratamiento que obtuvo el segundo lugar y reduce el tiempo es el tratamiento tres que son los microorganismos eficaces, ya que según el análisis estadístico tuvo una media de 12.26 valor transformado, una media de 150 días de descomposición, ya que este es un producto comercial que se utiliza para aumentar los microorganismos en las fosas sépticas y a su vez estos descomponen todos los materiales orgánicos que se encuentran.

El menor tiempo a la obtención del compost lo reportó el tratamiento uno coqueta roja *Eisenia foetida* con promedio de 138 días, ubicado en el último rango ya que se distribuyó de forma ascendente, fue el mejor tratamiento ya que se utilizó un agente de descomposición que es diferente en metabolismo a los demás tratamientos, esta especie se alimenta del sustrato orgánico la cual equivale a su propio peso, de ello defeca un 60% diario en forma de humus, haciendo así que la descomposición sea más rápida.

Eisenia foetida es eficiente en la descomposición de materia orgánica debido a su alimentación activa, alta tasa metabólica, capacidad para procesar diversos tipos de residuos, rápida reproducción y adaptabilidad a diferentes ambientes, la cual la hace eficiente en el tiempo de la descomposición de la materia orgánica.

2. Determinar el porcentaje de los macronutrientes (N, P y K) disponibles, a través del análisis químico de los métodos realizados para la producción de compost.

2.1. Contenido nutricional

2.1.1. Porcentaje de nitrógeno

En la tabla 27 de anexos, se describen los datos correspondientes al porcentaje de nitrógeno por cada tratamiento y cada repetición, como también en la tabla nueve se observan los datos transformados de la variable nitrógeno en gr/kg de compost. Según el análisis de varianza realizado en el programa INFOSTAT, con un grado de significancia al 5%, con un coeficiente de variación de 3.70, se determinó que, si existe diferencia significativa entre cada tratamiento, ya que el p-valor es menor que 0.05 como se observa en la tabla 10, por lo que se acepta la hipótesis Ho2, que indica que al menos un tratamiento tiene diferencia significativa. Por ello se realizó la prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia, para determinar que tratamiento tiene mayor porcentaje de nitrógeno.

Tabla 9: Tabla de datos transformados de la variable nitrógeno en gr/kg de compost.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2264.24	3	754.75	4.36	0.0269
Tratamiento	2264.24	3	754.75	4.36	0.0269
Error	2075.87	12	172.99		
Total	4340.11	15			

Tabla 10: Tabla de análisis de varianza de la variable nitrógeno

	Repeticiones					
	I	II	III	IV	Suma	Promedio
Coqueta roja	202.10	212.70	205.30	224.90	845.00	211.25
Microorganismos de montaña	206.40	190.20	192.30	161.00	749.90	187.48
Microorganismos eficaces	187.60	165.90	170.10	192.10	715.70	178.93
Téstigo	191.50	206.80	190.70	191.50	780.50	195.13
Suma gr/kg	787.60	775.60	758.40	769.50		
Promedio	196.90	193.90	189.60	192.38		

C.V: 6.81%

Según la prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia, se determinó que entre los tratamientos coqueta roja, testigo y los microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) no existe diferencia significativa, son estadísticamente iguales (tabla 11), con promedios que van de 211.25 gr/kg de nitrógeno del tratamiento uno, para el testigo con promedio de 195.13 gr/kg de nitrógeno y 187.48 gr/kg del tratamiento microorganismos de montaña, esto se debe a que el sustrato utilizado para la evaluación contaba con un 70% de viruta o resto de madera, la cual contiene un 2% de nitrógeno, como también contaba con un 10% de estiércol de ganado donde proporciona alto contenido de nitrógeno, que es su principal fuente de nutrición de la coqueta roja, esto influye en el alto contenido de este nutriente en el compostaje descompuesto.

Tabla 11: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de nitrógeno

Tratamiento	Medias gr/kg	Significancia	
Coqueta roja	211.25	A	
Testigo	195.13	A	B
M. Montaña	187.48	A	B
M. eficaces	178.93		B

2.1.2. Porcentaje de fósforo

En la tabla 28 en anexos, se observa la distribución de los resultados del análisis de abono orgánico realizado para determinar el porcentaje de fósforo de cada tratamiento y repetición y en la tabla 12 se observa los datos transformados para el uso en los análisis estadísticos, el cual obtuvo un promedio general de 0.67% del elemento fósforo. Según el análisis de varianza realizado en el programa INFOSTAT, ver tabla (13) con un 5% de significancia y coeficiente de variación de 23.02%, si existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que p-valor es menor que 0.05, por lo que se acepta la hipótesis H_02 la cual indica que al menos un tratamiento presenta diferencia significativa en la variable porcentaje de fósforo. Por ello se procedió a realizar una Prueba múltiple de medias Tukey con un 5% de significancia.

Tabla 12: Tabla de datos transformados de la variable fósforo en gr/kg de compost.

	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Coqueta roja	7.00	4.70	6.00	5.20	22.90	5.73
Microorganismos de montaña	5.40	7.00	7.10	5.30	24.80	6.20
Microorganismos eficaces	8.30	6.00	8.70	12.60	35.60	8.90
Téstigo	6.40	6.10	5.60	6.40	24.50	6.13
Suma gr/kg	27.10	23.80	27.40	29.50		
Promedio	6.78	5.95	6.85	7.38		

Tabla 13: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de fósforo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.46	3	8.49	3.53	0.0486
Tratamiento	25.46	3	8.49	3.53	0.0486
Error	28.86	12	2.4		
Total	54.32	15			

C.V: 23.02

Tomando en cuenta los resultados de la tabla anterior (13), se procedió a realizarse la prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia, la cual este

determina que, para los tratamientos con el contenido de fósforo existen dos rangos de significación bien definidos ver tabla 14, donde se observa que los tratamientos microorganismos eficaces, microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) y el testigo producen el mismo efecto sobre el porcentaje de fosforo, con promedios de 8.9 gr/kg, 6.2 gr/kg y 6.13 gr/kg del elemento fósforo. La cual el tratamiento que menor porcentaje de fósforo produce es la coqueta roja con promedio de 5.73 gr/kg de compost. Esto debido a que las lombrices liberan enzimas que descomponen las proteínas en compuestos más simples, como aminoácidos, y posteriormente transforman estos aminoácidos en formas asimilables de nitrógeno, es por esto que el tratamiento uno coqueta roja tiene bajo porcentaje de fósforo. Su principal fuente de nutrición proviene de materiales ricos en carbono (C) y nitrógeno (N). Ejemplos de esto incluyen restos de alimentos no procesados, hojas en descomposición, papel y cartón, y estiércol de herbívoros.

Debido a esta variación que se encuentra en los diferentes tratamientos, con respecto a la cantidad de fósforo por tratamiento, se tiene un coeficiente de variación del 23.02%, esto debido a la diferencia de la cantidad de fósforo del tratamiento coqueta roja *Eisenia foetida* que fue de 5.73 gr/kg de compost que fue el menos comparado con los demás tratamientos que estuvieron por encima de 6.2 gr/kg de compostaje.

Tabla 14: Tabla de análisis múltiple de medias Tukey, variable % de fósforo

Tratamiento	Medias gr/kg	Significancia
M. eficaces	8.9	A
M. Montaña	6.2	A
Testigo	6.13	A
Coqueta roja	5.73	B

2.1.3. Porcentaje de potasio

En la tabla 29 de anexos, se observa el detalle de los resultados obtenidos del análisis de abono orgánico del elemento potasio y en la tabla 15 se observa los datos transformados que fueron utilizados para realizar el análisis de varianza de la variable gramos de fósforo/ kilogramos de compost (tabla 16), donde se obtuvo un promedio general de 12.42 gr/kg de compost del elemento potasio. Posterior a ello se realizó el análisis de varianza al 5% de significancia con un coeficiente de variación de 11.82%, se determina que, si existe diferencia significativa, por lo que se acepta la hipótesis Ho2, ya que p-valor es menos que 0.05 ver tabla 16.

Tabla 15: Tabla de datos transformados de la variable potasio en gr/kg de compost.

	I	II	III	IV	Suma	Promedio
Coqueta roja	9.90	8.40	9.90	8.70	36.90	9.23
Microorganismos de montaña	14.10	16.90	16.10	12.80	59.90	14.98
Microorganismos eficaces	13.30	10.10	10.90	11.60	45.90	11.48
Téstigo	12.80	12.90	16.30	14.00	56.00	14.00
Suma gr/kg	50.10	48.30	53.20	47.10		
Promedio	12.53	12.08	13.30	11.78		

Tabla 16: Tabla de análisis de varianza de la variable porcentaje de potasio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	80.5	3	26.83	12.46	0.0005
Tratamiento	80.5	3	26.83	12.46	0.0005
Error	25.84	12	2.15		
Total	106.34	15			

C.V: 11.82%

Se realizó el análisis múltiple de medias Tukey con 5% de significancia, la cual se determinó tres rangos de medias, ver tabla 17, donde resaltaron los tratamientos dos M. montaña (materia orgánica de volcán) con un promedio de 14.98 gr/kg de compost y el tratamiento cuatro (testigo) con un promedio de 14 gr/kg la cual estadísticamente no tienen significancia entre sí, seguido del tratamiento tres microorganismos eficaces con

un promedio de 11.48 gr/kg la cual es significativamente igual al tratamiento cuatro testigo, y en último lugar el tratamiento uno con un promedio de 9.23 gr/kg de potasio.

Tabla 17: Análisis múltiple de medias Tukey de la variable potasio

Tratamiento	Medias	Significancia		
M. Montaña	14.98	A		
Testigo	14	A	B	
M. eficaces	11.48		B	C
Coqueta roja	9.23			C

En la tabla 18 se puede observar un resumen sobre los resultados de los elementos disponibles por cada tratamiento, para el contenido de nitrógeno el tratamiento uno, dos y cuatro no tienen diferencia significativa, en cuanto a fósforo los tratamientos dos, tres, y cuatro son estadísticamente iguales, con el elemento potasio los tratamientos dos y cuatro tienen promedios similares.

Los microorganismos de montaña pueden tener una actividad metabólica específica que favorece la liberación y acumulación de potasio durante el proceso de descomposición. Algunas bacterias y hongos pueden facilitar la liberación de nutrientes, incluido el potasio, al descomponer la materia orgánica, por tal motivo los tres tratamientos con fuente microbiológica tienen alto contenido de potasio, en comparación de la coqueta roja *Eisenia foetida* que su principal fuente de alimento es el nitrógeno.

Tomando en cuenta la tabla 18, en cuanto a contenido nutricional el tratamiento dos microorganismos de montaña es el que hace más disponible todos los macronutrientes NPK ya que es el que obtuvo mayor promedio de los elementos como también el tratamiento cuatro que es el testigo. En el tratamiento uno, solo el elemento nitrógeno tiene mayor porcentaje, esto debido a que las lombrices se alimentan principalmente de carbono y nitrógeno.

Tabla 18: Resumen de resultados de los elementos nutricionales por tratamiento

70% madera 20% cascara de macadamia y 10% estiércol	Promedio días de descomposición			
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Coqueta roja (T1)	138	A	B	C
M. montaña (T2)	167	A	A	A
M. eficaces (T3)	150	B	A	B
Testigo (T4)	181	A	A	AB

3. Determinar qué condiciones climáticas interviene en el proceso de descomposición, del material orgánico para compost.

3.1. Temperatura

La temperatura fue uno de los factores esenciales en el proceso de la descomposición de la materia orgánica, ya que los cuatro métodos implementados tuvieron diferentes requerimientos en temperatura, en la siguiente tabla se observa los parámetros necesarios por cada tratamiento.

Tabla 19: Condiciones climáticas a medir por tratamiento

Método de descomposición	Temperatura	Humedad
Coqueta roja	20-25 °C	75-85 %
M. Montaña (materia orgánica de volcán)	50 °C	40 %
M. Eficaces	45-50 °C	50-60 %
Oxidación (testigo)	65 °C	70-80%

Según la tabla descrita anteriormente, la temperatura de la coqueta roja tiene un parámetro entre 20-25 °C. Para ver el comportamiento se realizaron monitoreos de la temperatura por cada tratamiento y cada repetición descrito anteriormente ver tabla 19, posterior a ello se determinó un promedio por cada tratamiento realizado, la temperatura del tratamiento uno coqueta roja *Eisenia foetida*, oscila entre lo requerido, ya que este no podría excederse por el metabolismo de la especie que respira por la piel, el comportamiento de la temperatura se observa en la figura 29, la cual se observa que siempre se mantuvo entre el parámetro de requerimiento, en comparación del tratamiento dos microorganismos de montaña que su requerimiento oscila entre una temperatura de 50 °C, la cual alcanzó esta temperatura a los 60 días de su establecimiento, el tratamiento que alcanzó mayor grado de temperatura fue el tratamiento tres microorganismos eficaces el cual llegó a una temperatura de 59.5 °C en los primeros 30 días de establecido y el tratamiento cuatro por oxidación o testigo, fue que el que mayor tiempo llevo en descomponerse la materia orgánica este alcanzó una temperatura de 50 °C, la cual estuvo por debajo de lo requerido que es de 65 °C, como se observa en la figura 29.

Tabla 20: Tabla de datos de temperatura de cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Inicio	18-may	25-may	1-jun	8-jun	15-jun	22-jun	30-jun	7-jul	14-jul	21-jul	28-jul	4-ago	1-sep
Coqueta roja	20.25	22.25	21	21.25	22	20.75	20	21	20.5	20	22.3	21.5	20.5	20.5
M. Montaña	21.5	40.25	43.5	45	46.8	48.5	49.5	50.75	45.5	41.75	40	38.5	37.25	30.75
M. Eficacez	20.5	48	55.5	59.5	57.5	55.25	52.5	49.75	47.5	43.75	40.5	38.5	36.25	30.25
Téstigo	20.25	40.25	45.5	46.5	46	46.5	48	50	45	38.5	35	34	32.75	28.5

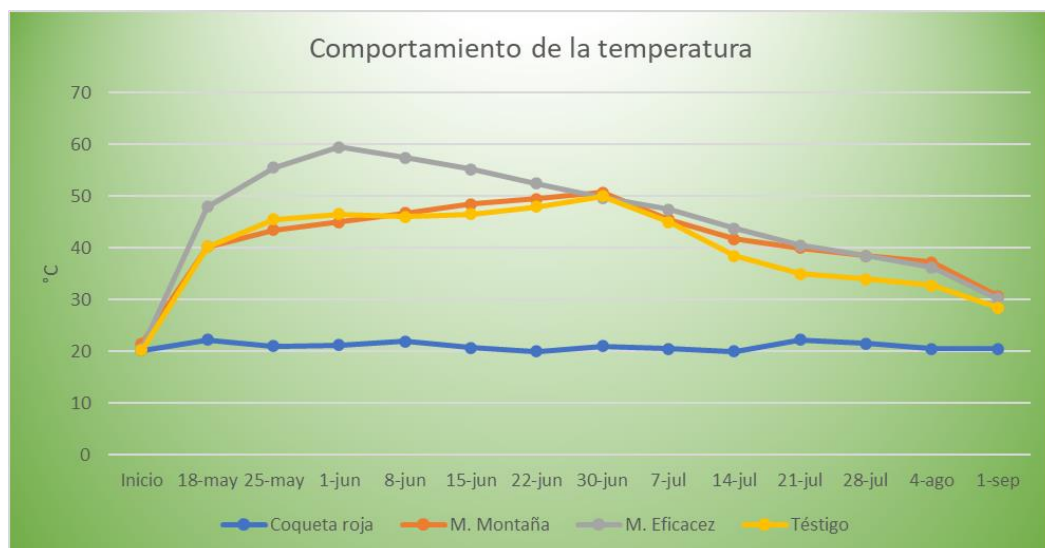


Figura 26: Comportamiento de la temperatura por tratamiento

Como se observa en la figura 29, la temperatura más alta, la actividad metabólica de los microorganismos suele aumentar. Los procesos bioquímicos y las reacciones enzimáticas involucradas en la descomposición de la materia orgánica son generalmente más rápidos a temperaturas más elevadas, lo que acelera el ritmo de descomposición de la materia orgánica, por tal motivo el tratamiento tres que son los microorganismos eficaces fue el segundo en descomposición con un promedio de 150 días, comparado con los tratamientos dos y cuatro, que tuvieron mayores días de descomposición.

Muchos microorganismos eficaces producen enzimas que son responsables de descomponer compuestos orgánicos complejos en formas más simples. A temperaturas más altas, estas enzimas a menudo alcanzan su actividad óptima, mejorando así la eficiencia del proceso de descomposición.

3.2. Humedad

La humedad fue otro de los factores climáticos que influyeron en la evaluación del tiempo de descomposición de la materia orgánica, ya que por cada método era diferente el requerimiento del porcentaje de humedad a controlar. En la anterior tabla 19 se describe el requerimiento de humedad a controlar por cada tratamiento, la cual este fue medido por horas de la mañana, mediante un hidrómetro descrito anteriormente para

llevar el registro de la humedad, para cuando la humedad se encontraba por debajo de lo requerido se procedía a humedecer la materia orgánica hasta alcanzar el porcentaje necesario. A continuación, se observa una gráfica del promedio del comportamiento de la humedad por tratamiento durante su proceso de descomposición.

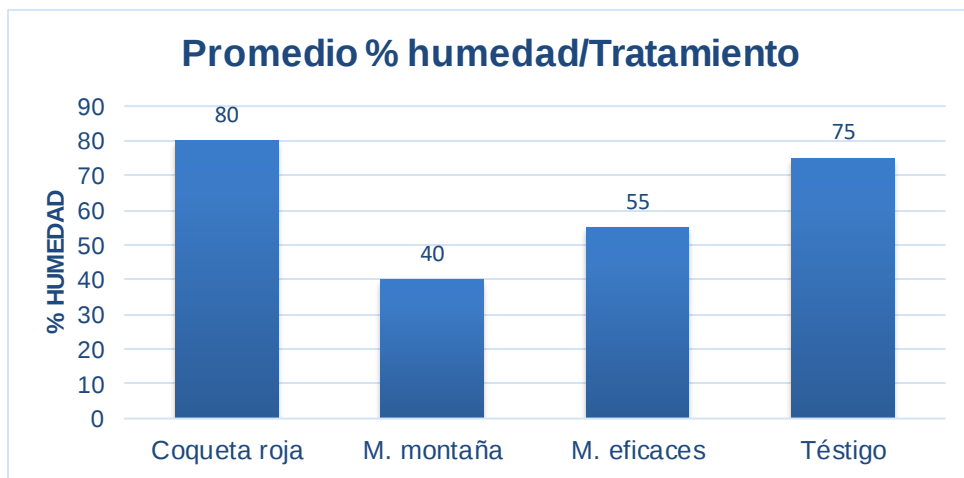


Figura 27: Promedio del comportamiento de humedad por tratamiento

El tratamiento uno *Eisenia foetida*, por ser una especie que respira por la piel requiere de mayor porcentaje de humedad, por lo que su requerimiento era de 75-85% de humedad, la cual se logró mantener un porcentaje entre 80% de humedad, el tratamiento dos microorganismos de montaña este no era tan exigente en humedad, ya que su requerimiento es de 40% la cual se logró mantener este porcentaje durante el proceso, para el tratamiento tres microorganismos eficaces, su requerimiento se encuentra entre 50-60% de humedad, de ello se alcanzó mantener entre el 55% de humedad de este tratamiento y el testigo tiene un requerimiento entre el 70-80% de humedad, de ello se logró alcanzar un promedio de humedad del 75% durante el proceso de descomposición.

4. Costos por tratamiento

4.1. Coqueta roja *Eisenia foetida*

Para la comparación de costos de los tratamientos, se realizó un listado de los materiales utilizados por metro cúbico, la cual se describen en la siguiente tabla; la cantidad de viruta, cáscara de macadamia y estiércol, fue la misma cantidad en cada

tratamiento y cada repetición, lo que diferenció fue el método de aceleración de descomposición, la cual en este caso fue la coqueta roja, que tuvo un precio de Q 15.00 por cada kilogramo, donde por metro cúbico se utilizó cinco kilos, haciendo un total de Q 75.00 por metro cúbico. La viruta se utilizó 0.69391 m³ a un precio de Q 139.15, cáscara de macadamia este es un material que en finca está disponible, por lo que no se colocó algún valor y el estiércol se utilizó 0.09913 m³ a un precio de Q 19.83, haciendo un total de Q 233.98 por metro cubico.

Haciendo referencia de costo/peso, este tratamiento tuvo un promedio de 492.91 kg (ver tabla 29 en anexos), por metro cúbico, el cual tuvo un precio de Q 0.47/kg de compostaje, de ello también se produjo lixiviado de lombriz, la cual es un fertilizante foliar que se puede aplicar a los cultivos ya que principalmente está compuesto de aminoácidos, pero actualmente en finca Panamá su principal interés es la producción de compostaje.

Tabla 21: Costos por metro cúbico del tratamiento uno Coqueta roja

Costos/m³ Coqueta roja			
Material	Cantidad/m³	Q/m³	precio Q.
Viruta	0.69391	200.53	139.15
Cáscara de macadamia	0.19826	0	0.00
Estiércol	0.09913	200	19.83
Coqueta roja	5 kg	15	75.00
Total			Q233.98

4.2. Microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán)

En comparación al tratamiento anterior Coqueta roja, este tratamiento fue más económico por metro cubico, ya que tuvo una diferencia de Q 45.01 menos que el anterior, con la diferencia de que el precio de los microorganismos de montaña fue más económico, ya que estos fueron extraídos de la reserva natural con la que cuenta finca Panamá, la cual solo se invirtió en dos jornales para recolectar estos microorganismos, por lo que el precio por metro cubico fue de Q 188.97. (ver tabla 22).

Según los datos tomados de los resultados del peso por metro cubico de este tratamiento, se determinó que tiene un peso promedio de 442.27 kg, relacionando el costo por metro cúbico este tratamiento tuvo un precio de Q 0.42 por kg de compostaje.

Tabla 22: Costos por metro cúbico del tratamiento dos Microorganismos de montaña

Costos/m³ M. Montaña			
Material	Cantidad/m³	Q/m³	precio Q.
Viruta	0.69391	200.53	139.15
Cáscara de macadamia	0.19826	0	0.00
Estiércol	0.09913	200	19.83
M. Montaña	11.36 kg	2.64	29.99
Total			188.97

4.3. Microorganismos eficaces

El tratamiento microorganismos eficaces, ocupó el segundo lugar en los costos ya que el precio de los materiales que conformaron la proporción fue el mismo que los anteriores, con la diferencia que para este tratamiento se aplicó estos microorganismos las cuales es un producto comercial, la cual tuvo un precio de Q 100.00 por litro, y por cada metro cubico se utilizó 0.5 litros, por lo que tuvo un precio de Q 50.00, haciendo un total por metro cubico de Q 208.98 como se observa en la siguiente tabla 23.

Haciendo relación con peso/ costos, para este tratamiento tuvo un promedio de peso de 448.63 kg/m³ por lo que tuvo un costo de Q 0.46 por kg de compost.

Tabla 23: Costos por metro cúbico del tratamiento tres Microorganismos eficaces

Costos/m³ M. Eficaces			
Material	Cantidad/m³	Q/m³	precio Q.
Viruta	0.69391	200.53	139.15
Cáscara de macadamia	0.19826	0	0.00
Estiércol	0.09913	200	19.83
M. eficaces	0.5 lt	100	50.00
Total			208.98

4.4. Testigo (por oxidación)

El tratamiento cuatro (testigo), fue el que menos costo representó en su descomposición, ya que no se utilizó ningún método para acelerar su descomposición, donde por cada metro cubico tuvo un precio de Q 158.98 ver tabla 24, estos costos solo fueron de la viruta y del estiércol, la cual este tratamiento alcanzó un promedio de 474.66 kg por metro cubico. Haciendo relación peso/costos, se determinó que por cada kilogramo tuvo un costo de Q 0.33/kg de compostaje.

Tabla 24: Costos por metro cúbico del tratamiento cuatro (testigo).

Costos/m³ Testigo			
Material	Cantidad/m³	Q/m³	precio Q.
Viruta	0.69391	200.53	139.15
Cáscara de macadamia	0.19826	0	0.00
Estiércol	0.09913	200	19.83
Total			158.98

En la siguiente tabla, se observa un resumen sobre los costos por cada tratamiento, la cual indica que el menor costo por kilogramos de compostaje, lo reporta el tratamiento cuatro con Q 0.33/kg, pero tiene un promedio de 181 días de descomposición, comparado con el segundo tratamiento que reporta menor costo el tratamiento microorganismos de montaña (T2) con un costo de Q 0.43 por kilogramo de compost, con un promedio de 167 días de descomposición, la cual este resultados da un indicador por cual método utilizar para producir compostaje, ya que si se busca un tratamiento con menor costo, menor tiempo de descomposición y que brinde macronutrientes, este sería el tratamiento microorganismos de montaña (T2).

El tratamiento uno Coqueta roja, es un método que produce un promedio de 21.13% de nitrógeno, la cual es una muy buena fuente nitrógeno que se podría utilizar en aplicaciones en cultivos deficientes de nitrógeno, ya que actualmente en finca

Panamá en cultivos de crecimiento de café se realiza una fertilización por mes a base de nitrógeno, utilizando fertilizantes químicos como Urea 46%N o nitrato de amonio 34.4% N, la cual este método podría ser la alternativa del fertilizante químico por su alta concentración de nitrógeno.

Tabla 25: Resumen de costos por tratamiento de la investigación

Tratamiento	Días de descomposición	Costo/m ³	Peso (kg) promedio/m ³	Costo/kg	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Coqueta roja (T1)	138	Q 233.98	492.91	Q 0.47	A	B	C
M. montaña (T2)	167	Q 188.97	442.27	Q 0.43	A	A	A
M. eficaces (T3)	150	Q 208.98	448.63	Q 0.47	B	A	B
Testigo (T4)	181	Q 158.98	474.66	Q 0.33	A	A	AB

VIII. CONCLUSIONES

1. Según el análisis múltiple de medias Tukey al 5% de significancia se determina qué, el mejor tratamiento que reduce el tiempo de descomposición del material orgánico es el tratamiento uno coqueta roja, *Eisenia foetida* con un promedio de 138 días de descomposición en comparación con los otros tratamientos.
2. En cuanto a la cantidad de nitrógeno, según el análisis múltiple de medias al 5% de significancia, el tratamiento que hace más disponible este elemento es también el uno coqueta roja *Eisenia foetida* (T1), con un promedio de 21.13% (211.25 gr/kg) de nitrógeno.
3. Según los resultados obtenidos del análisis múltiple de medias al 5% de significancia, se determinaron dos rangos del elemento fósforo, el cual determinó que los tratamientos microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) (T2), microorganismos eficaces (T3) y el testigo (T4) no tienen diferencia significativa entre sí, ya que tienen promedios de 0.62% (6.20 gr/kg), 0.89% (8.9 gr/kg) y 0.61% (6.1 gr/kg) de fósforo respectivamente. Y el tratamiento coqueto roja (T1) tiene bajo contenido de fósforo con promedio de 0.57% (5.7 gr/kg).
4. Se determinó que dos tratamientos tienen el mismo efecto en cuanto a la cantidad de potasio, el tratamiento microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) (T2) con promedio de 1.5% (14.98 gr/kg) y el tratamiento testigo (T4) con promedio de 1.4 % (14.0 gr/kg) de potasio.
5. Se realizaron monitoreos para las variables temperatura y humedad de los tratamientos, en los cuales se determinó que para el tratamiento uno coqueta roja la temperatura máxima que logró alcanzar fue de 22 °C a una humedad promedio de 80%, la cual se mantuvieron entre el rango requerido. Para el tratamiento dos microorganismos de montaña, la temperatura que alcanzó fue de 50 °C con una humedad promedio de 40% manteniéndose entre el rango establecido.
6. Para el tratamiento tres microorganismos eficaces, la temperatura sobrepasó el rango de requerimiento que es de 50 °C, ya que este alcanzó una

temperatura de 59 °C con un promedio de humedad de 55 % manteniéndose entre el rango que es de 50-60%. Para el testigo (por oxidación) la temperatura solo alcanzó 46 °C la cual se mantuvo por debajo de lo requerido que es de 65 °C y la humedad se logró mantener en un 75% durante el proceso estando entre el rango establecido.

7. Se realizó la comparación de los costos por metro cúbico de los tratamientos, en cual se determinó que el tratamiento más económico fue el cuatro (testigo), con un precio de Q 0.33kg de compostaje, con un promedio de peso de 474.66 kg/m³.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para condiciones de finca Panamá y sus recursos, conviene utilizar el método microorganismos de montaña (T2), ya que cuenta con los macronutrientes esenciales NPK disponibles para las plantas y tiene un promedio de 167 días de descomposición, con un costo de Q 0.43 por kilogramo de compostaje, en comparación del tratamiento testigo (T4), que también tiene los macronutrientes disponibles, pero tiene un promedio de 181 días de descomposición.
2. Si el objetivo fuera un método con fuente nitrogenada y en menor tiempo, se sugiere el tratamiento coqueta roja, ya que tiene un promedio de 211.25 gr de nitrógeno por kilogramo de compost y un promedio de 138 días de descomposición del material orgánico.
3. Como fuente de fósforo el método microorganismos de montaña (materia orgánica de volcán) y microorganismos eficaces son los que mayor porcentaje obtuvieron por lo que se sugiere, ya que ambos tienen como fuente este elemento y el más económico es el tratamiento microorganismos de montaña con un costo de Q 0.43/kilogramo de compost.
4. Los cuatro tratamientos evaluados en esta investigación tienden a tener diferentes requerimientos en cuanto a temperatura y humedad, por lo que es importante siempre mantener los rangos de temperatura y humedad, ya que estos son factores esenciales que pueden adelantar o atrasar los días de descomposición de los materiales orgánicos.
5. Si se busca un método con bajos costo, el tratamiento testigo podría ser el indicado (T4), ya que tiene un costo de Q 0.33/ kilogramo de compostaje, y como también es uno de los métodos que disponible los tres macronutrientes.

X. REFERENCIAS

- Bravo, A. (1996). *Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. <http://ingenieroambiental.com/informes/lombriz.htm>
- 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: [Informe de Tesis de Pregrado Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería Ambiental, Perú]*. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/58>
- Cortez, S. (2008). *Aprovechamiento de subproductos de la industria panelera en la elaboración de compost, utilizando microorganismos eficientes (ME): [Informe de Tesis de Pregrado Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ing. Ambiental, Bucaramanga-Colombia]*. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/250>
- De La Peña (2019). *Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro: [Informe de Tesis de Pregrado Universidad Nacional del Centro de Perú, Facultad de Ingeniería Agraria, Perú]*. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5298/De%20la%20Pe%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza, F. (1999). *Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales Nicaragua*. <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/libro2.htm>
- Higa, T. (2013). *Reproducción de microorganismos de montaña*. <https://www.emrojapan.com/what/>

Inversa. (2011). *Compostaje y lombricultura.*
<https://inversanet.wordpress.com/2011/05/19/lombriz-roja-eisenia-foetida/>

Mena, L. R. (2015). *Evaluación de fertilizantes de liberación controlada y convencionales en el cultivo de macadamia (Macadamia integrifolia) en la etapa de almácigo, en finca Panamá Santa Barbará, Suchitepéquez, Guatemala: [Informe de EPS Agronomía Tropical] USAC. CUNSUROC.*

Morra, M. (1998). *La lombriz.* <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/lombriz.htm>

Naranjo, E. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost.*
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>

Ñaupari, E. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (E.M) en el cultivo de Zea mays L. (Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo: [Informe de Tesis de Pregrado Universidad Nacional del Centro de Perú, Ingeniera en Ciencias Agrarias, Perú].* <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4021>

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A., (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor.*
<https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Simmons, Ch., Tárano T., J.M. y Pinto Z., J.H. (1959). *Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado-Sulsona.: Edit. José de Pineda Ibarra.* <https://www.worldcat.org/title/clasificacion-de-reconocimiento-de-los-suelos-de-la-republica-de-guatemala/oclc/2916380>

Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces- Concepción: [Informe de Tesis de Pregrado Universidad Nacional del Centro de Perú, Ingeniera en Ciencias Agrarias, Perú]*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3487>

Torres, C. (2017). *Microorganismos eficientes y frecuencia de volteos en la descomposición y calidad de compost de pulpa de café en la comunidad nativa Villa San Martín*. https://www.academia.edu/36967355/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DEL_CENTRO_DEL_PER%C3%9A_FACULTAD_DE_Ciencias_AGRARIAS_ESCUELA_PROFESIONAL_DE_AGRONOM%C3%8DA_TROPICAL_TESIS_MICROORGANISMOS_EFICIENTES_Y_FRECUENCIA_DE

Zanier, A. (2000). *Centro de investigación y producción de lombrices californianas*. <http://www.ajzanier.com.ar/lombrices/index.html>

Vo. Bo.


Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CUNSUROC



XI. ANEXOS

Tabla 26: Datos de días de descomposición por tratamiento y repetición

DÍAS	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Tratamiento 1	138	138	138	138	552.00	138.00
Dato transformado	11.75	11.75	11.75	11.75	46.99	11.75
Tratamiento 2	165	169	165	170	669.00	167.25
Dato transformado	12.85	13.00	12.85	13.04	51.73	12.93
Tratamiento 3	150	150	155	146	601.00	150.25
Dato transformado	12.25	12.25	12.45	12.08	49.03	12.26
Tratamiento 4	180	185	180	180	725.00	181.25
Dato transformado	13.42	13.60	13.42	13.42	53.85	13.46
Suma tratamiento	633.00	642.00	638.00	634.00		
Suma transformación	50.26	50.60	50.46	50.29		
Promedio	12.56	12.65	12.61	12.57		

Tabla 27: Datos de porcentaje de nitrógeno, por tratamiento y repetición gr de N/ kg de compost.

% Nitrógeno	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
% Tratamiento 1	20.21	21.27	20.53	22.49	84.50	21.13
gr/kg	202.10	212.70	205.30	224.90	845.00	211.25
% Tratamiento 2	20.64	19.02	19.23	16.10	74.99	18.75
gr/kg	206.40	190.20	192.30	161.00	749.90	187.48
% Tratamiento 3	18.76	16.59	17.01	19.21	71.57	17.89
gr/kg	187.60	165.90	170.10	192.10	715.70	178.93
% Tratamiento 4	19.15	20.68	19.07	19.15	78.05	19.51
gr/kg	191.50	206.80	190.70	191.50	780.50	195.13
Suma %	78.76	77.56	75.84	76.95		
Suma gr/kg	787.60	775.60	758.40	769.50		
Promedio	196.90	193.90	189.60	192.38		

Tabla 28: Datos de porcentaje de fosforo, por tratamiento y repetición gr de P/kg de compost.

% Fosforo	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
% Tratamiento 1	0.7	0.47	0.6	0.52	2.29	0.57
gr/kg	7.00	4.70	6.00	5.20	22.90	5.73
% Tratamiento 2	0.54	0.7	0.71	0.53	2.48	0.62
gr/kg	5.40	7.00	7.10	5.30	24.80	6.20
% Tratamiento 3	0.83	0.6	0.87	1.26	3.56	0.89
gr/kg	8.30	6.00	8.70	12.60	35.60	8.90
% Tratamiento 4	0.64	0.61	0.56	0.64	2.45	0.61
gr/kg	6.40	6.10	5.60	6.40	24.50	6.13
Suma %	2.71	2.38	2.74	2.95		
Suma gr/kg	27.10	23.80	27.40	29.50		
Promedio	6.78	5.95	6.85	7.38		

Tabla 29: Datos de porcentaje de potasio, por tratamiento y repetición gr de k/kg de compost.

% Potasio	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
% Tratamiento 1	0.99	0.84	0.99	0.87	3.69	0.92
gr/kg	9.90	8.40	9.90	8.70	36.90	9.23
% Tratamiento 2	1.41	1.69	1.61	1.28	5.99	1.50
gr/kg	14.10	16.90	16.10	12.80	59.90	14.98
% Tratamiento 3	1.33	1.01	1.09	1.16	4.59	1.15
gr/kg	13.30	10.10	10.90	11.60	45.90	11.48
% Tratamiento 4	1.28	1.29	1.63	1.4	5.60	1.40
gr/kg	12.80	12.90	16.30	14.00	56.00	14.00
Suma %	5.01	4.83	5.32	4.71		
Suma gr/kg	50.10	48.30	53.20	47.10		
Promedio	12.53	12.08	13.30	11.78		

Tabla 30: Datos de peso (kg), por tratamiento y repetición

Peso Kg/m³	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Tratamiento 1	490.9	487.27	498.18	495.3	1971.65	492.91
Tratamiento 2	430.9	489.09	429.09	420	1769.08	442.27
Tratamiento 3	418.18	467.27	445.45	463.63	1794.53	448.63
Tratamiento 4	500	472.72	478.18	447.72	1898.62	474.66
Suma	1839.98	1916.35	1850.9	1826.65		
Promedio	460	479.0875	462.725	456.66		

Orden: 30-623

Cliente: 110 - AGROPECUARIA ATITLAN, SOCIEDAD ANONIMA

Unidad Productiva: PANAMA Y ANEXOS en Jurisdiccion de: Santa Bárbara SUCHITEPEQUEZ



Análisis de Abono Orgánico

O-1

No.	Identificación de la muestra	pH abonos	CN	% *N	% P2O5	% K2O	% CaO	% MgO	ppm Boro	% Azufre	ppm Cobre	ppm Hierro	ppm Manganeso	ppm Cinc	% C.O.	% Ceniza	% M.O.
1383	LOTE T1R1	8.08	21.18	21.39	0.70	0.99	1.43	0.50	81.26	0.24	23.57	12230.00	211.20	147.40	29.44	47.00	53.00
1384	LOTE T1R2	6.16	1.41	21.27	0.47	0.84	1.26	0.54	68.86	0.16	28.26	9749.00	293.00	84.30	30.00	46.00	54.00
1385	LOTE T1R3	7.98	1.38	20.53	0.60	0.99	1.84	0.54	77.23	0.22	32.30	10190.00	261.50	155.10	28.33	49.00	51.00
1386	LOTE T1R4	8.33	1.21	22.49	0.62	0.87	1.60	0.60	88.94	0.20	29.28	12780.00	296.60	97.54	27.22	51.00	49.00
1387	LOTE T2R1	7.22	1.48	20.64	0.54	1.41	1.36	0.57	66.03	0.20	25.28	8769.00	296.60	70.12	30.55	45.00	55.00
1388	LOTE T2R2	8.03	1.49	19.01	0.70	1.89	1.31	0.57	60.88	0.28	18.76	7915.00	290.40	75.00	28.33	49.00	51.00
1389	LOTE T2R3	7.86	1.56	19.23	0.71	1.61	2.03	0.52	92.37	0.27	30.02	13060.00	326.20	88.56	30.00	46.00	54.00
1390	LOTE T2R4	7.56	1.38	16.10	0.53	1.28	1.20	0.49	84.50	0.22	24.72	12650.00	333.40	124.00	22.22	60.00	40.00
1391	LOTE T3R1	7.24	1.51	18.76	0.83	1.33	2.25	0.65	61.92	0.26	25.55	7786.00	281.40	86.36	28.33	49.00	51.00
1392	LOTE T3R2	7.03	1.54	16.59	0.60	1.01	1.79	0.48	62.52	0.20	25.57	8174.00	272.50	76.01	25.55	54.00	46.00
1393	LOTE T3R3	6.57	1.73	17.01	0.87	1.09	2.39	0.76	79.19	0.28	22.39	10860.00	316.60	111.00	29.44	47.00	53.00
1394	LOTE T3R4	7.12	1.33	19.21	1.26	1.16	1.96	0.58	81.85	0.26	28.35	11780.00	307.90	124.90	25.55	54.00	46.00
1395	LOTE T4R1	8.15	1.74	19.15	0.64	1.28	2.08	0.50	60.22	0.25	18.37	7666.00	228.40	109.70	33.33	40.00	60.00
1396	LOTE T4R2	8.42	1.45	20.68	0.61	1.29	1.94	0.41	79.21	0.22	29.09	11180.00	293.50	175.10	30.00	46.00	54.00
1397	LOTE T4R3	8.64	1.66	19.07	0.56	1.83	1.91	0.42	95.58	0.24	30.46	14230.00	390.90	105.20	31.66	43.00	57.00
Observaciones	LOTE T4R4	8.16	1.45	19.15	0.64	1.40	1.75	0.46	96.45	0.25	37.68	14630.00	339.80	136.10	27.77	50.00	50.00

Figura 31: Análisis de abono orgánico Analab

Mazatenango, Suchitepéquez, Mayo de 2024

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador de la Carrera Agronomía Tropical

Centro Universitario Del Sur Occidente

Universidad De San Carlos de Guatemala

Respetable Dr. Otzoy

Por este medio me dirijo a usted, deseándole éxitos en sus actividades cotidianas.

El motivo de la presente es par informar que luego de haber asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **“EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS PARA INDUCIR LA DESCOMPOSICIÓN DE MATERIAL ORGANICO, EN FINCA PANAMÁ, SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ.** Presentado por el estudiante Edwin Orlando Xiloj Gualip quien se identifica con el número de carné 201541665 de la carrera de Agronomía Tropical y de conformidad con lo establecido en el reglamento de trabajo de graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención presentada a la presente y sin otro particular me despido de usted.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Inga. Agra. María Clarisa Rodríguez García

Supervisora-Asesora

Mazatenango, 08 de mayo de 2024.

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director en funciones

Centro Universitario de Suroccidente

Respetable Sr. Director

Con fundamento en el normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante T.P.A. **Edwin Orlando Xiloj Gualip**, carné: **201541665**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de cuatro métodos para inducir la descomposición de material orgánico, en Finca Panamá, Santa Barbará, Suchitepéquez**. El cual fue asesorado por la Inga. Agr. Clarisa Rodríguez, lo que se evidencia con la nota adjunta que he revisado previamente.

Como coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Edwin Xiloj, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente para su graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente

ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Dr. Mynor Raul Otzoy Rosales

Coordinador Carrera.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-093-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, tres de septiembre de dos mil veinticuatro—————

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
“EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS PARA INDUCIR LA
DESCOMPOSICIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO, EN FINCA PANAMÁ, SANTA
BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ” del estudiante: **Edwin Orlando Xiloj Gualip**. Carné:
201541665 CUI: 3224 72520 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris