



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

OBTENCIÓN DE VERMICOMPOST CON APLICACIÓN DE
MICROORGANISMOS BENÉFICOS, UTILIZANDO RESIDUOS
ORGÁNICOS DOMÉSTICOS.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: JINSOP OSWALDO BALAREZO CÓRDOVA

DIRECTOR: Dr. MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA, Ph.D

MATRIZ CUENCA

2019

DECLARACIÓN

Yo, Jinsop Oswaldo Balarezo Córdova, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.


La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Jinsop Oswaldo Balarezo Córdova

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo denominado "Obtención de vermicompost con aplicación de microorganismos benéficos, utilizando residuos orgánicos domésticos" fue desarrollado por el Sr. Jinsop Oswaldo Balarezo Córdova, bajo mi supervisión.



Dr. Manuel Salvador Alvarez Vera, Ph.D.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber permitido que hoy esté cumpliendo uno de mis sueños, y que supo guiarme a lo largo del camino.

A mi familia, porque me guiaron por el camino del bien y supieron inculcarme los valores necesarios para que hoy haya cumplido mi meta.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Cuenca, por su valiosa contribución a mi formación profesional.

Al Dr. Manuel Álvarez por haberme brindado su apoyo durante la elaboración y desarrollo de mi investigación.

DEDICATORIA

A mi padre, mi madre y mis hermanas por su apoyo incondicional y ser el motor que me impulsó a seguir adelante, formarme profesionalmente y ser las personas más importantes en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPITULO I.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1 Objetivos.....	- 2 -
1.1.1 Objetivo general.....	- 2 -
1.1.2 Objetivos específicos.....	- 2 -
CAPITULO II.....	- 3 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 3 -
2.1 Vermicompost.....	- 3 -
2.1.1 Definición.....	- 3 -
2.1.2 Vermicompost en Ecuador.....	- 3 -
2.1.3 Características.....	- 4 -
2.1.4 Etapas del vermicompost.....	- 5 -

a.	Etapa de acondicionamiento	- 5 -
b.	Etapa activa o de vermicompostaje	- 6 -
c.	Etapa de maduración	- 6 -
2.1.5	Importancia del vermicompost.....	- 6 -
2.1.6	Utilización.....	- 7 -
2.1.7	Factores que intervienen en el proceso.....	- 7 -
a.	Temperatura.....	- 8 -
b.	Humedad	- 8 -
c.	Densidad poblacional.....	- 8 -
d.	Ausencia de luz.....	- 8 -
e.	Aireación	- 9 -
f.	pH.....	- 9 -
g.	Presencia de metales pesados en los residuos orgánicos.....	- 10 -
h.	Presencia de sales en la materia orgánica.....	- 10 -
2.2	Lombrices de tierra	- 10 -
2.2.1	Definición	- 10 -
2.2.2	Clasificación ecológica de la lombriz	- 11 -
a.	Epigeas.....	- 11 -
b.	Endógenas.....	- 11 -
c.	Anécicas	- 11 -
2.2.3	Especies utilizadas en vermicompostaje	- 12 -
2.2.4	Clasificación taxonómica y generalidades de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	- 13 -
a.	Características externas.....	- 13 -
b.	Características internas.....	- 14 -
c.	Reproducción.....	- 14 -
d.	Sistema digestivo	- 15 -
e.	Sistema nervioso.....	- 15 -

f.	Sistema muscular.....	- 15 -
g.	Sistema circulatorio.....	- 16 -
h.	Sistema respiratorio.....	- 16 -
i.	Sistema excretor.....	- 16 -
j.	Ciclo biológico.....	- 17 -
2.3	Microorganismos involucrados en vermicompost.....	- 17 -
2.3.1	Microorganismos benéficos.....	- 19 -
2.3.2	Tipos de microorganismos benéficos.....	- 20 -
a.	Bacterias fototróficas.....	- 20 -
b.	Levaduras.....	- 20 -
c.	Bacterias productoras de ácido láctico.....	- 20 -
d.	Actinomicetos.....	- 20 -
e.	Hongos de fermentación.....	- 21 -
2.3.3	Influencia de los microorganismos benéficos en el suelo.....	- 21 -
2.3.4	Aplicación.....	- 21 -
2.3.5	Beneficios de los microorganismos en la agricultura.....	- 22 -
2.4	Residuos sólidos.....	- 22 -
2.4.1	Definición.....	- 22 -
2.4.2	Clasificación según su composición.....	- 23 -
a.	Residuos inorgánicos.....	- 23 -
b.	Residuos orgánicos.....	- 23 -
c.	Residuos peligrosos.....	- 23 -
2.4.3	Clasificación según su origen.....	- 23 -
2.4.4	Efectos de la contaminación de residuos sólidos.....	- 24 -
a.	Impacto paisajístico.....	- 24 -
b.	Efectos sobre la salud.....	- 24 -
c.	Contaminación del suelo.....	- 24 -
d.	Contaminación del agua.....	- 24 -

e. Contaminación del aire.....	- 25 -
CAPITULO III.....	- 26 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 26 -
3.1 Localización y duración del experimento.....	- 26 -
3.2 Diseño de la investigación y unidades experimentales	- 26 -
3.3 Tratamientos.....	- 27 -
3.4 Esquema del diseño de estudio	- 27 -
3.5 Características del área experimental.....	- 27 -
3.6 Obtención de microorganismos benéficos.	- 28 -
3.7 Activación de microorganismos benéficos	- 30 -
3.8 Preparación del área de estudio	- 31 -
3.9 Acondicionamiento del sustrato	- 32 -
3.9.1 Residuos orgánicos domésticos.....	- 32 -
3.9.2 Hojarasca.....	- 32 -
3.9.3 Humus de lombriz	- 33 -
3.10 Adecuación de las cajas	- 33 -
3.11 Adición de sustratos	- 33 -
3.12 Adición de lombrices.....	- 34 -
3.13 Distribución de las cajas	- 34 -
3.14 Inoculación de microorganismos benéficos.....	- 35 -
3.15 Seguimiento del proceso	- 35 -
3.16 Extracción de muestra de lombrices	- 36 -
3.17 Recolección del humus.....	- 37 -
3.18 Obtención de muestras para el análisis bioquímico y microbiológico del vermicompost.....	- 38 -
CAPITULO IV	- 39 -

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 39 -
4.1 Tasa de transformación de materia orgánica a vermicompost a 90 días del inicio del estudio.....	- 39 -
4.1.1 Análisis estadístico.....	- 39 -
4.2 Capacidad reproductiva de la lombriz roja californiana a 90 días del inicio del estudio.	- 42 -
4.2.1 Lombrices adultas	- 42 -
a. Análisis estadístico.....	- 42 -
4.2.2 Lombrices subadultas	- 43 -
a. Análisis estadístico.....	- 44 -
4.2.3 Lombrices juveniles.....	- 45 -
a. Análisis estadístico.....	- 46 -
4.2.4 Cocones.....	- 47 -
a. Análisis estadístico.....	- 48 -
4.2.5 Número total de lombrices a 90 días de iniciado el estudio	- 49 -
4.3 Características químicas y microbiológicas del vermicompost.	- 50 -
4.3.1 Análisis bioquímicos del vermicompost	- 50 -
a. Macronutrientes	- 50 -
b. Micronutrientes.....	- 51 -
c. pH.....	- 52 -
d. Materia orgánica (MO)	- 53 -
e. Relación (C/N).....	- 55 -
f. Conductividad eléctrica	- 56 -
4.3.2 Análisis microbiológico del vermicompost a 90 días del inicio del estudio-	57
-	-
CAPITULO V	- 60 -
5. CONCLUSIONES.....	- 60 -

CAPITULO VI	- 62 -
6. RECOMENDACIONES.....	- 62 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 63 -
ANEXOS.....	- 72 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas del vermicompostaje.	- 5 -
Figura 2: Organizador grafico del factor de aireación.	- 9 -
Figura 3: Partes de la lombriz.	- 11 -
Figura 4: Tipos de lombrices.	- 12 -
Figura 5: Ciclo Biológico de <i>Eisenia foetida</i> (dieta: estiércol vacuno, conejo; temperatura 25°C; humedad: 80%).	- 17 -
Figura 6: Ubicación de la zona de estudio.	- 26 -
Figura 7: Croquis de la distribución de las unidades experimentales.	- 27 -
Figura 8: Especie vegetal ruda (<i>Ruta graveolens</i>).	- 28 -
Figura 9: Especie vegetal hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).	- 28 -
Figura 10: Ingredientes medidos.	- 29 -
Figura 11: Mezcla final del cultivo madre obtenido a partir de la ruda (<i>Ruta graveolens</i>).	- 29 -
Figura 12: Apariencia del cultivo madre a partir de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).	- 29 -
Figura 13: Apariencia del cultivo madre a partir de la ruda (<i>Ruta graveolens</i>).	- 29 -
Figura 14: Cantidad de sal requerida.	- 30 -
Figura 15: Cantidad de melaza requerida.	- 30 -
Figura 16: Contenido líquido obtenido del cultivo madre de la hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).	- 30 -
Figura 17: Mezcla de los elementos.	- 30 -
Figura 18: Presencia de capas blanquecinas en la solución obtenida a partir de la ruda (<i>Ruta graveolens</i>) después de 12 días de haber dejado reposar.	- 31 -
Figura 19: Presencia de capas blanquecinas en la solución obtenida de la hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) después de 12 días de haber dejado reposar.	- 31 -
Figura 20: Área del estudio experimental.	- 32 -

Figura 21: Recolección de residuos orgánicos domésticos.	- 32 -
Figura 22: Cajas utilizadas para lombricompost.	- 33 -
Figura 23: Distribución de las cajas para el estudio experimental.	- 34 -
Figura 24: Inoculación de microorganismos benéficos.	- 35 -
Figura 25: Medición de parámetros.	- 35 -
Figura 26: Extracción de una muestra de la unidad experimental.	- 36 -
Figura 27: Extractor cubico que se utilizó para obtener las muestras.	- 36 -
Figura 28: El peso de vermicompost.	- 37 -
Figura 29: Muestras de vermicompost.	- 38 -
Figura 30: Boxplot de los tratamientos respecto a la tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost.	- 41 -
Figura 31: Boxplot de la población de lombrices adultas.	- 43 -
Figura 32: Boxplot de la población de lombrices subadultas.	- 45 -
Figura 33: Boxplot de la población de lombrices juveniles.	- 47 -
Figura 34: Boxplot del número de cocones en los tratamientos.	- 49 -
Figura 35: Contenido de macronutrientes.	- 51 -
Figura 36: Contenido de micronutrientes.	- 52 -
Figura 37: Análisis de pH.	- 53 -
Figura 38: Contenido de materia orgánica.	- 54 -
Figura 39: Relación (C/N).	- 55 -
Figura 40: Conductividad eléctrica.	- 56 -
Figura 41: Concentración de microorganismos benéficos.	- 58 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores nutritivos entre compost convencional y humus de lombriz.....	- 5 -
Tabla 2: Características de la biología de especies de lombriz utilizadas en vermicompost.	- 13 -
Tabla 3: Descripción de los tratamientos.....	- 27 -
Tabla 4: Características del área experimental.....	- 27 -
Tabla 5: Peso promedio: del sustrato inicial, humus producido a 90 días del inicio de estudio y sustrato transformado expresado en gramos.	- 39 -
Tabla 6: Tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost expresados en porcentaje.	- 39 -
Tabla 7: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la transformación de residuos orgánicos a vermicompost.....	- 40 -
Tabla 8: Análisis de varianza ANOVA de la transformación de residuos orgánicos a vermicompost.	- 40 -
Tabla 9: Población de lombrices adultas.	- 42 -
Tabla 10: Resumen estadístico de la población de lombrices adultas de los tratamientos.....	- 42 -
Tabla 11: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices adultas de los tratamientos.....	- 42 -
Tabla 12: Población de lombrices subadultas.....	- 44 -
Tabla 13: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la población de lombrices subadultas.	- 44 -
Tabla 14: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices subadultas de los tratamientos.....	- 44 -
Tabla 15: Población de lombrices juveniles.....	- 46 -
Tabla 16: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la población de lombrices juveniles.	- 46 -

Tabla 17: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices juveniles de los tratamientos.....	- 46 -
Tabla 18: Número de cocones por tratamiento.....	- 47 -
Tabla 19: Resumen estadístico respecto al número de cocones en los tratamientos.	48 -
Tabla 20: Análisis de varianza ANOVA del número de cocones en los tratamientos.	48 -
Tabla 21: Número de lombrices luego de 90 días del vermicompost con una población inicial de 649 individuos evaluados en tres tratamientos.....	- 49 -
Tabla 22: Contenidos de macronutrientes en los tratamientos expresados en porcentaje.....	- 51 -
Tabla 23: Contenidos de micronutrientes de los tratamientos expresados en partes por millón.	- 52 -
Tabla 24: Resultados de pH.	- 53 -
Tabla 25: Concentración de materia orgánica expresado en porcentaje.	- 54 -
Tabla 26: Relación (C/N).....	- 55 -
Tabla 27: Conductividad eléctrica.....	- 56 -
Tabla 28: Concentración de microorganismos benéficos expresados en (Log UFC.g ⁻¹).	- 57 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Peso de lombrices adultas adicionadas a las cajas.....	- 72 -
Anexo 2: Distribución de las unidades experimentales.	- 72 -
Anexo 3: Residuos orgánicos adicionados.....	- 73 -
Anexo 4: Residuos orgánicos en estado de descomposición.....	- 73 -
Anexo 5: Conteo de individuos de las muestras de las unidades experimentales.	- 74 -
Anexo 6: Lombrices y cocones extraídos de las muestras.	- 74 -
Anexo 7: Peso de las muestras de vermicompost obtenido para los análisis.	- 74 -
Anexo 8: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 1.....	- 75 -
Anexo 9: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 2.....	- 75 -
Anexo 10: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 3.....	- 76 -
Anexo 11: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 4.....	- 76 -
Anexo 12: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 5.....	- 77 -
Anexo 13: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 6.....	- 77 -
Anexo 14: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 7.....	- 78 -
Anexo 15: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 8.....	- 78 -
Anexo 16: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 9.....	- 79 -
Anexo 17: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 10....	- 79 -
Anexo 18: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 11....	- 80 -
Anexo 19: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 12....	- 80 -
Anexo 20: Registro del conteo de la muestra de lombrices adultas de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.	- 81 -
Anexo 21: Registro del conteo de la muestra de lombrices subadultas de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.	- 81 -
Anexo 22: Registro del conteo de la muestra de lombrices juveniles de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.	- 81 -

Anexo 23: Registro del conteo de la muestra de cocones de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.	- 81 -
Anexo 24: Resultados análisis bioquímicos de los tratamientos.....	- 82 -
Anexo 25: Resultados análisis microbiológicos de los tratamientos.	- 83 -

RESUMEN

En la presente investigación se obtuvo vermicompost con aplicación de microorganismos benéficos a partir de residuos orgánicos domésticos. El estudio comprendió dos fases. Primera: obtención de consorcios microbianos benéficos (CMB), se recolectaron muestras de dos especies vegetales ruda (*Ruta graveolens*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) de las cuales se obtuvieron CMB. Segunda: producción de vermicompost, los consorcios microbianos fueron aplicados una vez por semana al 10% por un periodo de 90 días en cajas con residuos orgánicos domésticos con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Se establecieron tres tratamientos T1 (CMB de ruda), T2 (CMB de hierba luisa) y T3 (control) con cuatro repeticiones cada uno, para evaluar el efecto de los CMB en el vermicompost. En las unidades experimentales se constató que, la aplicación de microorganismos benéficos no obtuvo una diferencia significativa en las tasas de transformación de residuos orgánicos domésticos a vermicompost al obtener T3 una conversión del sustrato superior, así también, se reflejó que hubo una relación directa con mayores porcentajes de reproducción de lombrices en T3. Sin embargo, en los resultados de laboratorio T1 y T2 presentaron mayor concentración de nutrientes destacando N, P, Na, S, Mn, B y Zn, de igual manera reportaron una mayor carga de microorganismos benéficos entre los que se destacan *Pseudomonas sp*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, y *Trichoderma sp*; por lo tanto, el vermicompost es una alternativa para obtener un producto de calidad con altas cargas de microorganismos y nutrientes que pueden ser utilizados en suelos.

PALABRAS CLAVE: VERMICOMPOST; ESPECIES VEGETALES; LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA; CONSORCIO MICROBIANO BENÉFICO.

ABSTRACT

In the current research vermicomposting was obtained by applying beneficial microorganisms which come from household organic waste. This research comprised two phases. First: obtaining beneficial microbial consortia (BMC), samples were collected from two plant species, rue plant (*Ruta graveolens*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) from which BMC was obtained. Second: vermicomposting production, microbial consortia at 10% were applied once a week for 90 days in boxes with household organic waste with a completely random block design (CRBD). Three treatments were established T1 (rue plant's BMC), T2 (lemongrass' BMC) and T3 (Control) with four replications each, to evaluate the effect of BMC on vermicompost. In the experimental units, it was found that the application of beneficial microorganisms did not obtain a significant difference in the transformation rates of household organic waste to vermicomposting when T3 obtained a higher substrate conversion. Thus it was also determined that there was a direct relationship with higher percentages of earthworm reproduction in T3. However, laboratory results T1 and T2 showed a higher nutrients concentration, highlighting N, P, Na, S, Mn, B and Zn, similarly they reported a higher load of beneficial microorganisms among those that excel *Pseudomonas sp*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, *Trichoderma sp*, therefore, vermicomposting is an alternative to obtain a quality product with high loads of nutrients and microorganisms which can be applied in soils.

KEY WORDS: VERMICOMPOST; VEGETABLE SPECIES; CALIFORNIAN RED EARTHWORM; BENEFICIAL MICROBIAL CONSORTIA.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Azuay es una de las provincias de la región interandina del Ecuador, con 712.127 habitantes posee un índice verde urbano del 11,89; es decir, cumple con la recomendación de la OMS de 9 (INEC, 2012); no obstante esto no la aparta de los problemas medioambientales principalmente erosión del suelo, generado a raíz de actividades mineras, deforestación, expansión del área urbana, agricultura, ganadería entre otros.

Cada día el hombre está más preocupado por proteger a la naturaleza y dentro de su entorno al suelo, agua y aire; producto del aumento de la población, el mundo se ve en la necesidad de aumentar la producción de alimentos, lo que genera una mayor presión sobre el suelo, que atraviesa por un momento crítico debido al deterioro que está sujeto por parte de la agricultura (Mishra, Prakash, & Kumar-Arora, 2016).

El uso desmedido de fertilizantes químicos y el manejo intensivo de los cultivos son los principales factores causantes de la degradación de los suelos, que producen infertilidad, disminución de nutrientes y baja producción, que se ve reflejada en la calidad de los alimentos (Devendra, Mahendra, Radha, & Anil Kumar, 2017).

El vermicompost es un producto de interés colectivo hoy en día, al ser una alternativa para remediar los suelos degradados por diferentes actividades antropogénicas. Se obtiene a partir de la descomposición de la materia orgánica biodegradable.

Los efectos que las lombrices tienen sobre los microorganismos durante el proceso de vermicompost determinan en gran medida la velocidad de descomposición de la materia orgánica (Domínguez, 2013).

Los microorganismos benéficos, poseen una gran capacidad de solubilización de fósforo y fijación de nitrógeno que aportan al metabolismo de las plantas (Lopez, 2008). La mayoría de estos organismos son generados por procesos microbiológicos controlados, que transforman la materia orgánica en un material bioestable (Sweeten & Auvermann, 2008).

La problemática de los residuos sólidos orgánicos es un tema, que interesa a universidades y centros de investigación que buscan comprender los procesos biológicos de degradación (Abbasi, 2008). En la ciudad de Cuenca la generación per cápita de residuos sólidos generados es de 0.523 kg/ hab., en el área urbana y de 0.398 kg/hab., en el área rural por día de lo cual más del 50% es materia orgánica biodegradable (Arevalo & Muñoz, 2010).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Obtener vermicompost con aplicación de microorganismos benéficos, utilizando residuos orgánicos domésticos, en la provincia del Azuay.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las tasas de transformación de materia orgánica a vermicompost.
- Calcular la capacidad reproductiva de la lombriz roja californiana en el vermicompost obtenido a partir de residuos orgánicos domésticos con aplicación de microorganismos benéficos.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del vermicompost.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Vermicompost

2.1.1 Definición

La palabra vermicompost proviene del latín vermis, que significa lombriz (Vila, 2017), concepto que se define generalmente como la descomposición de residuos orgánicos en condiciones aerobias aprovechando la actividad biológica de las lombrices (Garg & Gupta, 2009), un proceso que involucra transformaciones químicas, físicas y biológicas de residuos agrícolas de origen vegetal y animal (Calderín, Guridi, & Berbara, 2014).

Pese a que los microorganismos son los responsables de realizar la descomposición de los residuos orgánicos, las lombrices cumplen un rol fundamental al realizar la acción de acondicionamiento y fragmentación de la materia orgánica para la degradación microbiana (Singh, Embrandiri, Ibrahim, & Esa, 2011).

El vermicompost es una biotecnología encaminada al uso de lombrices como un mecanismo de trabajo para el proceso de reciclaje de cualquier tipo de residuo orgánico, y no como un tratamiento que dependería únicamente de la posibilidad de contar con excretas de origen animal (Bollo, 2009).

Las lombrices utilizan los restos orgánicos como sustrato en su proceso digestivo, que luego de un proceso, eliminan en sus deposiciones, obteniendo un producto similar al compost convencional denominado humus de lombriz, material homogéneo rico en nutrientes, que se encuentra físico y químicamente estabilizado por acción de las lombrices (Villegas & Laines, 2017).

2.1.2 Vermicompost en Ecuador

Desde 1985 en Ecuador una amplia variedad de empresas han venido desarrollando esta actividad, no únicamente ofertando los productos obtenidos a partir del proceso como humus o lombrices, sino también capacitando a la gente de las comunidades sobre el tema (Barbado, 2003). Cajal (2018), señala que en la actualidad actividades de vermicompost se han desarrollado principalmente en provincias de la Sierra como: Pichincha, Chimborazo, y Loja.

Diario Hoy (2008), señaló que el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador estaba interesado en desarrollar técnicas para la producción de vermicompost; con el implemento de esta tecnología y su posterior aplicación en suelos destinados a la agricultura se podrían reponer los nutrientes que se han perdido por los cultivos

intensivos, al tiempo que se incorporaría también microorganismos que son esenciales para mejorar la absorción radical de las plantas.

El motivo por el cual el vermicompost no se ha desarrollado en el país se debe a que en las plantaciones de banano y cacao aprovechan toda la producción de humus, razón que limitaba el surgimiento de nuevos productores que no contaban con recursos para la producción pese a que existiera gran demanda (Cajal, 2018).

2.1.3 Características

El vermicompost tiene un aspecto de color café, no se fermenta ni pudre (Martínez, 2004), en estudios realizados se han determinado concentraciones de hasta 5% de fósforo, 5% de potasio, 4% de calcio, 5% de nitrógeno, un pH de 7 – 7,5 y un contenido microbiano de 2 billones por gramo, su composición microbiana y enzimática hace que adquiera una alta solubilidad, facilitando una rápida absorción por parte de las raíces de las plantas (Ponce, 2015).

Se ha comprobado que el contenido de macro y micronutrientes en el humus de lombriz es superior al compost convencional, su contenido nutricional es mayor en forma soluble; como fosforo, nitrógeno, magnesio, calcio y potasio, por lo cual sus propiedades físico, químicas y biológicas favorecen a la fertilidad del suelo obteniendo mejores rendimientos en los cultivos (Villegas & Laines, 2017).

En actividades agrícolas el uso de humus de lombriz genera mejoras en las plantas tanto en el rendimiento como en sanidad y aspecto. El humus combina por medio de enzimas bacterianas sus componentes, con los que están presentes en el suelo (Castillo, Quarín, & Iglesias, 2000).

Zhao & Fun-Zhen (1992), demostraron en su estudio que el uso de fertilizantes inorgánicos combinado con humus de lombriz aumentaron la absorción de nutrientes y mejoraron los cultivos de caña de azúcar y trigo.

En el periodo de transformación del vermicompost, una parte de la materia orgánica contenida en los residuos se mineraliza, por lo cual los niveles de carbono orgánico total disminuyen entre 10 y 55%, dependiendo de factores como el tipo de residuo orgánico, la densidad poblacional de lombrices, su biodegradabilidad y el tiempo que dure el proceso (Romero, Plaza, Senesi, Nogales, & Polo, 2006).

La materia orgánica en sus fases finales tiene tendencia a polimerizarse, humidificarse y policondensarse, por lo cual los valores de ácidos fúlvicos y húmicos aumentan al final

del proceso entre un 20 y 60% frente a los niveles que registraba en la etapa inicial, determinando que las propiedades químicas y estructurales de los ácidos en el proceso de transformación son de características similares a las que se encuentran en el suelo (Saavedra, 2007).

En la Tabla 1 se presenta la comparación de los valores nutritivos entre compost común y humus de lombriz.

Tabla 1: Valores nutritivos entre compost convencional y humus de lombriz.

Tipo de Compost	C	N	P	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
	%				mg/100 gr			
Compost Convencional	14,91	2,20	0,14	0,84	367	86	213	41
Humus de lombriz	18,57	2,24	0,12	1,21	357	91	196	38

Fuente: ICAMEX (2010).

2.1.4 Etapas del vermicompost

El proceso de vermicompost se encuentra compuesto de tres etapas como se puede apreciar en la Figura 1, basadas en la actividad de las lombrices.

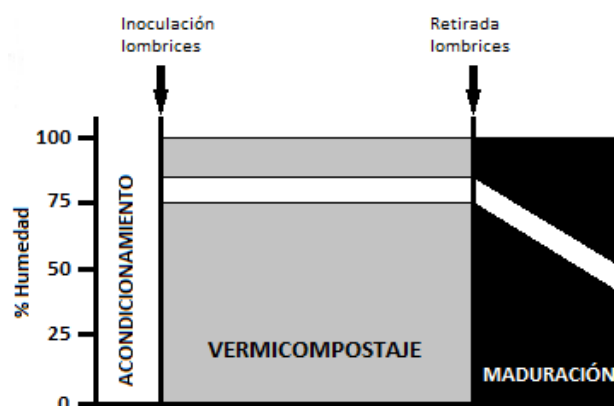


Figura 1: Etapas del vermicompostaje.

Fuente: Fernández (2011).

a. Etapa de acondicionamiento

Los residuos orgánicos se pre-compostan aproximadamente 15 días antes de ser usados como fuente de alimento para las lombrices, en este periodo se descomponen los residuos de fácil degradación y son eliminadas las sustancias potencialmente volátiles debido a que pueden ser tóxicas para las lombrices (Garg & Gupta, 2009). Se incluye entre los procesos el macerado, lavado, mezcla de la materia orgánica, el pre compostaje (de manera obligatoria si los residuos orgánicos son de origen urbano

manteniendo la posibilidad de que contengan microorganismos nocivos para las personas) (Camiletti & Moral, 2016).

b. Etapa activa o de vermicompostaje

Caracterizado por la acción de las lombrices que consumen el sustrato, aumentando el área de superficie para la degradación microbiana, a medida que la materia orgánica avanza por el intestino se mezcla con los microbios, y las enzimas digestivas y, finalmente, deja el intestino mediante la deposición (Lazcano, Gómez-Brandón, & Domínguez, 2008), lo que genera cambios en las características físicas, químicas y microbiológicas de la materia orgánica, producto de la digestión se obtiene un resultante que es una combinación de excretas y residuos no consumidos por las lombrices (Domínguez, 2004).

El periodo de tiempo que dura la fase activa no es fija, dependerá de la densidad poblacional y de la especie de lombriz, así como también de sus tasas de consumo y procesamiento de residuos orgánicos (Aira & Domínguez, 2008).

c. Etapa de maduración

Luego de separar las lombrices del proceso se sugiere, dejar la materia orgánica en una etapa de maduración, con lo cual mejorará la calidad, su estabilidad, y disminuirá sus concentraciones hídricas hasta niveles admisibles para su comercialización (Camiletti & Moral, 2016). En esta etapa los microorganismos toman el control de la descomposición de la materia orgánica que fue anteriormente procesada por las lombrices (Domínguez, 2004).

La fase de maduración comprende la acción de los microorganismos asociados, que inicia una vez que las lombrices se desplacen a las capas más frescas de los residuos orgánicos (Lazcano et al., 2008).

2.1.5 Importancia del vermicompost

La producción de vermicompost tiene una significativa importancia económica, debido a la gran variedad de productos que se pueden obtener (humus sólido, harina de lombriz, carne de lombriz, humus líquido, lombrices) que cuentan con una gran posibilidad de ser comercializados alrededor del mundo (Cajas, 2009).

La gestión de los residuos sólidos municipales, especialmente los residuos orgánicos, es un desafío con el que las autoridades están lidiando (Komakech, Zurbrügg, Miito, Wanyama, & Vinnerås, 2016). El relleno sanitario, al igual que otros métodos de eliminación final, no solo impone altos costos, sino que también se encuentra asociado a una fuente de lixiviados y otros contaminantes que pueden afectar acuíferos

subterráneos y aguas superficiales (Cheremisinoff, 2003). Por lo tanto, existe una necesidad urgente de buscar otras tecnologías de adición de valor de residuos orgánicos (Parawira, 2009).

Una de esas alternativas es el vermicompostaje, que es el proceso mediante el cual se utilizan lombrices para convertir los residuos orgánicos en un producto de similar características al humus (Munroe, 2007). Otro producto derivado de este proceso es la biomasa de las lombrices, que se puede utilizar como una fuente adecuada de proteína animal (Lalander, Komakech, & Vinnerås, 2015).

Escobar (2013), menciona que el vermicompost se ha convertido en un interesante mecanismo para tratar el problema de generación de residuos sólidos orgánicos, debido a que es un proceso capaz de transformar en un 100% la basura orgánica y los fangos de aguas residuales, en fertilizantes orgánicos.

Entre los mecanismos que deben ser tomados en cuenta para el sostenimiento y protección de suelos dedicados a la agricultura, está la producción de humus mediante cría de lombrices, que tienen una considerable importancia ecológica y económica, debido a que es una actividad de poca inversión, beneficiosa y natural (Crespo, Romero, & Gonzales, 2012).

2.1.6 Utilización

El vermicompost es ventajoso para el suelo agrícola debido a que incrementa la capacidad de retención de humedad y nutrientes, aumenta la estructura del suelo y los niveles de actividad microbiana imprescindibles para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Singh et al., 2011). Su aplicación puede realizarse en solitario o combinado con otros elementos (tierra, arena, etc.), además es posible mezclar con otros fertilizantes, de origen orgánico e inorgánico (Schuldt, 2006).

El humus de lombriz, se esparce por toda la superficie del suelo, rociando con abundancia para que la carga microbiana sea asimilada rápidamente, no se recomienda enterrar debido a que las bacterias necesitan oxígeno, si es aplicado durante las plantaciones contribuye al desarrollo de las raíces, al volver el suelo más esponjoso, reducirá el suministro de agua para riego (Ponce, 2015).

2.1.7 Factores que intervienen en el proceso.

Para garantizar el éxito de la producción de las lombrices es necesario tomar en cuenta factores medioambientales que permitan llevar a cabo el proceso de manera eficiente entre los que destacan los siguientes:

a. Temperatura

La temperatura es posiblemente el parámetro más importante que altera el metabolismo, crecimiento y reproducción de las lombrices (Garg & Gupta, 2009). Los individuos se desarrollan y se reproducen en condiciones ideales a 25°C, soportan temperaturas de hasta 35°C, y si se supera los 35°C les provoca la muerte, por otro lado si se presentan temperaturas inferiores a los 10 °C, las lombrices no consiguen reproducirse, aunque son capaces de seguir generando humus pero en menores cantidades (Domínguez & Gómez, 2010).

b. Humedad

La condición de humedad adecuada es un requisito fundamental de las lombrices de tierra (Garg & Gupta, 2009). Estos anélidos no poseen órganos que les permitan respirar, por lo que realizan este proceso mediante la epidermis, razón por la que su medio debe contar con un alto contenido de humedad (Capistran, Aranda, & Romero, 1999).

Existe una amplia relación entre las tasas de crecimiento de las lombrices y el nivel de humedad de los residuos orgánicos (Edwards, Domínguez, & Neuhauser, 1998). En los procesos de vermicompostaje, las condiciones óptimas de humedad para las lombrices se alcanza al 80%, es tolerable hasta el 70%, mientras que, niveles por debajo del 50% provoca que mueran, así mismo rangos superiores al 85% ocasiona que el tratamiento entre en una etapa de inactividad (Brooks, 2004).

c. Densidad poblacional

La densidad poblacional puede limitar el desarrollo apropiado del vermicompost, debido a que una alta densidad conllevaría a una competencia entre las lombrices por el alimento que retardaría el proceso (Moreno & Moral, 2008).

Los cambios en la densidad aparente podrían deberse al tipo de sustrato inicial, su preparación física y las proporciones de mezcla utilizadas (Soobhany, Mohee, & Garg, 2015).

d. Ausencia de luz

La lombriz es fotosensible, por lo que siempre preferirá ambientes oscuros (Vila, 2017). Son organismos termofílicos, viven bajo la superficie del suelo, si se encuentran expuestas a la luz mueren en poco tiempo, debido a que poseen una cutícula muy fina y no toleran los rayos ultravioleta (Pintado, 2011).

e. Aireación

La materia orgánica debe recibir una correcta aireación para un buen proceso y un desarrollo adecuado de las lombrices. La compactación o un exceso de humedad pueden reducir la aireación (Camiletti & Moral, 2016).

Las lombrices al ser organismos que realizan sus procesos en condiciones aerobias necesitan contar con la presencia de oxígeno, por lo que el lumbricario deben permitir la entrada suficiente de aire al interior, para que las lombrices puedan tomar oxígeno y expulsar dióxido de carbono, ya que si no existe ventilación se estaría dando un proceso en condiciones anaerobias que podrían conllevar a la muerte de las lombrices (Capistran et al., 1999). En la Figura 2 se aprecia un organizador grafico respecto al factor de aireación.

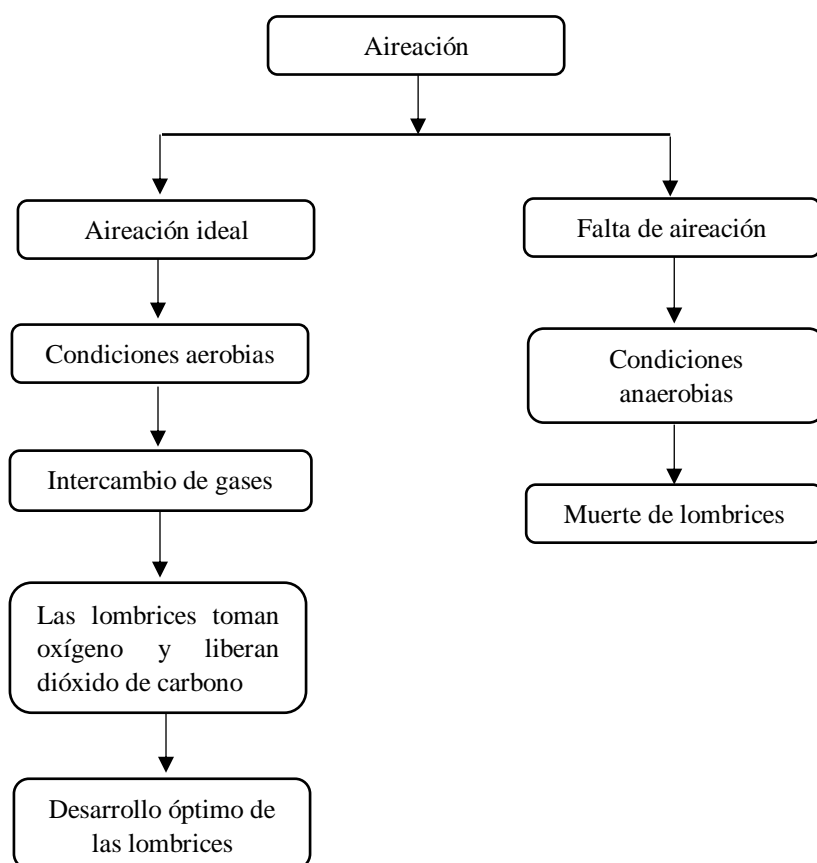


Figura 2: Organizador grafico del factor de aireación.

f. pH

Las lombrices toleran un pH entre 5 y 9, sin embargo el proceso es ideal cuándo se tienen valores de pH cercanos a neutros, la acidez les resulta desagradable (Edwards & Bohlen, 1996). Debe considerarse que el pH del sustrato sufre cambios durante el proceso de vermicompostaje, en las etapas iniciales la formación de CO₂ y ácidos

orgánicos disminuye el pH y, a medida que el proceso avanza, el valor del pH aumenta por la descomposición de proteínas (Garg & Gupta, 2009).

g. Presencia de metales pesados en los residuos orgánicos

La presencia de metales pesados en los residuos orgánicos genera un escenario desfavorable para las lombrices, debido a que altera su metabolismo, su desarrollo, y reproducción, además los metales se adhieren a los tejidos de su cuerpo y alteran las propiedades del humus (López & Sainz, 2011). La evaluación de la toxicidad de los residuos orgánicos mediante pruebas biológicas es extremadamente importante para determinar la idoneidad de los desechos para la aplicación en suelos (Majlessi, Eslami, Najafi Saleh, Mirshafieean, & Babaii, 2012).

h. Presencia de sales en la materia orgánica.

La concentración excesiva de sales en los residuos orgánicos puede comprometer la supervivencia de las lombrices y eficiencia del proceso (Camiletti & Moral, 2016). Las lombrices son muy sensibles a las sales, prefiriendo contenidos de sal menores al 0.5% en el alimento (Gunadi, Blount, & Edwards, 2002).

2.2 Lombrices de tierra

2.2.1 Definición

La lombriz de tierra corresponde al grupo de invertebrados anélidos oligoquetos clitelados, que viven en los suelos y cuya actividad es considerada de importancia en la estructura y servicios de los ecosistemas (Gunadi et al., 2002); varían considerablemente en tamaño, dieta, tasa reproductiva y preferencias de hábitat (Andriuzzi, 2015).

Su sistema muscular es bien desarrollado mediante el cual pueden realizar movimientos en todas las direcciones, carecen de ojos, pero poseen unas células especiales alrededor del cuerpo que son sensibles a la luz solar (Fuentes, 1987). El comportamiento de alimentación de lombrices de tierra y la excavación son vitales en el ciclo de nutrientes (Dechaine, Ruan, Sanchez-De Leon, & Zou, 2005).

La principal influencia de las lombrices de tierra en el suelo es la modificación de la estructura del suelo mediante la creación de galerías (Jouquet, Bottinelli, Podwojewski, Hallaire, & Tran Duc, 2008). En la Figura 3 se observan las partes de la lombriz.

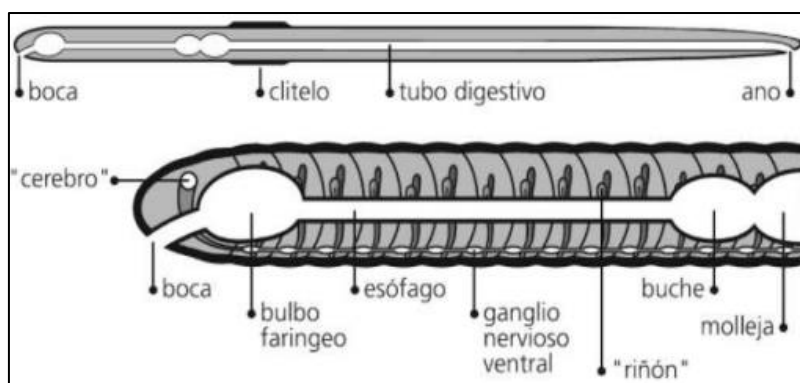


Figura 3: Partes de la lombriz.

Fuente: Schuldt (2004).

2.2.2 Clasificación ecológica de la lombriz

a. Epigeas

La palabra epigea proviene del griego *epi* = sobre y *geo* = tierra, es decir viven sobre la superficie del suelo, excepto que se encuentren bajo condiciones de estrés se introducen en la tierra, pero al no encontrar las condiciones de su entorno natural, retornan a la superficie luego de que se haya normalizado la situación (Bollo, 2009).

Las lombrices epigeicas son pequeñas de color rojizo, se alimentan del material orgánico que se encuentra en la capa de hojarasca, tienen altas tasas de mortalidad y reproducción y son muy activas cuando las condiciones ambientales son favorables (Hendrix & Bohlen, 2006). Sus excretas son holorgánicas y poseen una alta capacidad de consumo, absorción y asimilación de residuos orgánicos, por lo que se considera que juegan un rol importante como organismos transformadores de materia orgánica (Domínguez & Gómez, 2010).

b. Endógenas

Proviene del griego *endo* = dentro y *geo* = tierra es decir son aquellas que habitan dentro del suelo, se alimentan de tierra y residuos asociados, son de pequeño tamaño, presentan poca pigmentación, poseen bajas tasas de reproducción y periodos de vida más largos (Barbado, 2004). Las lombrices endogeicas realizan excavaciones horizontales poco profundas, que proporcionan condiciones ambientales más estables a medida que consumen el suelo y la materia orgánica circundantes (Weil & Brady, 2016).

c. Anécicas

Habitan dentro la superficie del suelo se introducen mediante galerías verticales y en la noche suben a nivel de la superficie para alimentarse de hojas secas y residuos orgánicos en descomposición que son transportados al fondo de galerías y retornan a

la superficie por el día para depositar sus deyecciones (Bollo, 2009), son de tamaño mediano a grande, poseen un color café oscuro, se las encuentran comúnmente en las galerías que cavan, las cuales pueden tener varios metros hacia las profundidades del suelo (Domínguez & Gómez, 2010).

2.2.3 Especies utilizadas en vermicompostaje

De alrededor de 4400 especies de lombrices de tierra registradas, solo un reducido número tienen la capacidad de degradar residuos orgánicos, estos individuos pertenecen al orden *Haplotaxida* y familia *Lumbricidae*, desde el punto de vista ecológico se agrupan en la categoría de epigeas, habitan sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica y su deposición se conoce como humus de lombriz (Fernández, 2011). En la Figura 4 se observa el género y especie de lombrices utilizadas en vermicompost.



Figura 4: Tipos de lombrices.

Fuente: Fernández (2011).

Eisenia foetida y *Eisenia andrei* son quizás las lombrices de tierra más utilizadas en vermicompostaje, tienen usos amplios para diversos estudios toxicológicos como lombrices de prueba (Garg & Gupta, 2009). Son especies de fácil manipulación, resistentes, que al vivir en aislamiento no escapan al contrario proliferan en el medio y pueden utilizar una gran cantidad de materia orgánica como alimento, en condiciones ideales se ha determinado que diariamente pueden consumir una cantidad de residuos igual a su peso corporal (Elvira, Dominguez, & Mato, 1996). En la Tabla 2 se detalla las características de las especies utilizadas en vermicompost.

Tabla 2: Características de la biología de especies de lombriz utilizadas en vermicompost.

Especies	Biomasa promedio lombriz adulta	Ciclo vida días	Capsul a día ⁻¹	Lombrices capsulas ⁻¹	Rango T° (optima)	Rango humedad (optima)
<i>E. foetida</i>						
<i>E. andrei</i>	0,55 g	45 – 51	0,4	3,2	10 – 35 (25) °C	50 – 90 (80) %
<i>D. rubida</i>	0,25 g	75	0,2	1,7	15 – 25 (25) °C	65 – 85 (75) %
<i>D. veneta</i>	0,92 g	100 – 150	0,3	1,1	15 – 25 (25) °C	65 – 85 (75) %
<i>L. rubellus</i>	0,80 g	120 – 160	0,2	1,0	10 – 35 (25) °C	70 – 90 (80) %
<i>E. eugeniae</i>	3,00 g	50 – 70	0,4	2,5	15 – 35 (30) °C	70 – 85 (80)%
<i>P. excavatus</i>	0,55 g	40 – 50	0,2	1,0	20 – 40 (35) °C	75 – 85 (80) %
<i>L. mauritii</i>	0,80 g	150	0,3	3,2	20 – 35 (30) °C	50 – 80 (60) %

Fuente: Domínguez (2004).

2.2.4 Clasificación taxonómica y generalidades de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Taxonómicamente esta especie se encuentra clasificada dentro del reino animal, su tipo es anélido del orden oligoqueto perteneciente a la familia Lumbricidae, su género es *Eisenia* y la especie se denomina *foetida* (Martinez, 1996).

Esta especie se caracteriza por tener una pigmentación rojo-rosado, se alimenta de 4 a 7 veces al día, de ahí radica la importancia que los lumbricarios cuenten con suficiente contenido de materia orgánica, esta particularidad la convierte en una especie con gran potencial para producir humus, además que posee una capacidad reproductiva alta, no es de sorprenderse encontrar sustratos donde actúen alrededor de 40000 a 50000 individuos por metro cuadrado (Brito, 2003). Cerdas (1996), señala que si hay una sobrepoblación su capacidad de producción y reproducción disminuye.

a. Características externas

Entre sus características externas podemos mencionar que comúnmente tiene una longitud de 2,5 a 3 cm que crece hasta los 7 cm, su espesor esta entre los 3 y 5 mm, por lo general su peso promedio es de 0,25 g, poseen un color rojo oscuro, aunque en la zona abdominal se torna más pálido, respiran por medio de la piel que está cubierta por una membrana superficial que contiene glándulas que liberan una sustancia mucosa que mantiene humectada la cutícula (Schuldt, Christiansen, Scatturice, & Mayo, 2007).

La lombriz tiene un cuerpo segmentado con forma cilíndrica y alargada, conformado por la pared del cuerpo y el tubo digestivo, divididos por el celoma (Alvarez, 2018). El primer segmento de la parte anterior que inicia desde la boca se denomina peristomio, delante de la boca sobresale una estructura carnosa denominada prostomio, el siguiente segmento del cuerpo lo conforma el tronco, mientras que el último se denomina pigidio que es donde se abre el ano (Martínez, 2004). Cada segmento posee ocho cerdas incrustadas en la piel, que se encuentra cubierta por una membrana gelatinosa (Ruiz & Oca, 2008).

Es complejo diferenciar su extremidad posterior de la anterior, aunque se puede observar que se produce un ensanchamiento entre los anillos 32 y 37 conocido como clitelo que cumple una función importante durante el proceso reproductivo (Bollo, 2009).

b. Características internas

Su estructura interna se encuentra comprendida por: tabiques, que están formados por el peritoneo y son paredes que dividen los segmentos sucesivos; la faringe que cumple la función de una bomba succionadora y es el primer compartimento luego de la boca; situado junto al esófago se encuentra la molleja esofágica y al inicio del intestino la molleja intestinal; luego ubicadas en el esófago se hallan las glándulas de Morren que cumplen la función de metabolizar el calcio (Pineda, 2006).

Después del esófago se encuentra el intestino que es el compartimento donde llegan los residuos molidos y químicamente modificados; los ciegos intestinales, que son apéndices huecos que aparecen en el trayecto del intestino (Alas & Alvarenga, 2002); el nefridio que es un órgano que cumple la función de un pequeño riñón situado en el sistema excretor; los corazones que se encuentra en el esófago ligados a los vasos, poseen en total cinco; y los testículos ubicados en los segmentos 10 y 11 que se encuentran aislados en la cavidad celómica (Brito, 2003).

c. Reproducción

La reproducción de las lombrices es muy compleja, al ser un individuo hermafrodita insuficiente tiene ambos sexos, pero no es capaz de fecundarse por sí sola, ya que poseen un componente denominado protandria que significa prioridad de las gónadas masculinas debido a que en individuos hermafroditas las gónadas masculinas maduran antes que las femeninas (Bollo, 2009), por tal motivo para que se lleve a cabo el apareamiento es necesario que un individuo se acople con otro del mismo género para el intercambio de espermatozoides (Martínez, 2004).

d. Sistema digestivo

Inicia en la boca y una pequeña cavidad bucal que va desde el anillo 1 al 5; la faringe comprende los anillos 4 y 5 la cual funciona como una bomba que succiona el alimento, aquí están presentes fibras musculares y unas glándulas que lubrican la materia; el esófago se extiende desde el anillo 6 al 14 de forma recta y alargada, en el que terminan tres pares de glándulas conocidas como glándulas de Morren; luego se encuentra un buche de cubiertas delgadas que va del anillo 15 al 16 en el cual se almacena el alimento; la molleja que comprende los anillos 17 y 18 con paredes musculares fuertes donde se tritura el alimento (Schuldt, 2006).

A continuación el intestino se extiende por las 3/4 partes del cuerpo, este recibe el alimento proveniente de la molleja, donde enzimas secretados por la lombriz y más 500 mil millones de microorganismos actúan sobre las grasas y carbohidratos realizando el proceso digestión y absorción, lo que no consiguen digerir es depuesto por el ano, denominado comúnmente como humus de lombriz (Pineda, 2006).

e. Sistema nervioso

Está compuesto por un cerebro que a la vez se encuentra conformado por dos ganglios suprafaríngeos que mediante dos conectores envuelven la faringe, se comunican con los ganglios subfaríngeos bilobulados, desde allí transcurre el cordón nervioso ventral (Cerdas, 1996), a las células nerviosas que se encuentran presentes en todos los somitos y que reciben los estímulos de las células sensoriales en la epidermis. (Bollo, 2009).

Las lombrices no poseen ojos pero cuentan con receptores que se extienden por toda la piel que les facilitan captar sensaciones de humedad, luminosidad, temperatura y tacto que producen reacciones que son transmitidas al sistema muscular orientándolas en busca de alimento (Schuldt, 2004).

f. Sistema muscular

Las paredes del cuerpo de las lombrices está conformado por: epidermis, cutícula, tejido conectivo, tejido muscular (longitudinal interno y circular externo) y el peritoneo (Reines, Rodríguez, Sierra, & Vázquez, 1998). Luego de la cutícula externa se encuentra la epidermis, seguida de tejidos circulares y más internamente se sitúan tejidos longitudinales que le permite realizar cualquier tipo de desplazamiento y por último el espacio denominado celoma que aloja los órganos vitales (Paredes, 2015).

Las contracciones de las paredes musculares comprimen el líquido celomático determinando la dirección de su desplazamiento es así que en el momento que la

musculatura circular se contrae se reduce el ancho de la lombriz, en tanto que si los músculos longitudinales se relajan el líquido celómico empieza a fluir longitudinalmente y la lombriz se alarga (Bollo, 2009).

g. Sistema circulatorio

Su sistema circulatorio es bastante complejo y desarrollado está conformado por: vaso dorsal, vaso ventral, vaso subneuronal, vasos laterales y red de capilares (Cajas, 2009). La sangre está compuesta por hemoglobina y plasma, el sistema funciona como un circuito cerrado y la sangre fluye por los vasos longitudinales uno dorsal y otro ventral (Castaño & Serrano, 2013).

El vaso dorsal transporta la sangre pigmentada de rojo, desde atrás hacia adelante y en el primer tercio del cuerpo se generan al menos cinco pares de enlaces circulares pulsátiles con el vaso ventral que transporta la sangre de vuelta hacia atrás (Schuldt, 2004). Los vasos van enlazados a otras derivaciones menores que transportan nutrientes a los órganos y drenan residuos (Bollo, 2009).

h. Sistema respiratorio

La respiración de las lombrices es superficial, la ausencia de un sistema circulatorio organizado posibilita que la sangre circule a través de capilares junto a la cutícula húmeda del cuerpo (Alvarez, 2018), por ello es importante la humectación de la misma cuando las condiciones del medio son desfavorables, debido que si se hallara seca la quitina de la cutícula no se podría eliminar los gases, aunque las concentraciones altas de dióxido de carbono no compromete su actividad, en cambio si la ausencia de oxígeno. (Schuldt, 2006).

La circulación de la sangre por medio de los capilares al encontrarse junto a la cutícula favorece a la eliminación de dióxido de carbono y absorción de oxígeno (Cerdas, 1996); por lo tanto la epidermis debe mantenerse siempre húmeda para realizar adecuadamente este intercambio (Salvador, 2014).

i. Sistema excretor

El sistema excretor realiza la eliminación de los desechos líquidos mediante un par de metanefridios (riñones) que se encuentran alrededor de los segmentos del cuerpo, excepto en los tres primeros y el último (Paredes, 2015). Inicia en forma de embudo ciliado en la cavidad celómica previo al vientre y se denomina nefrostoma y termina en el nefridioporo una estructura que elimina los residuos al exterior del cuerpo (Pineda, 2006).

Estas estructuras cumplen la función de filtrar, reabsorber y secretar. El nefrostoma al poseer cilios que le permiten moverse favorece a la expulsión de fluidos (Cerdas, 1996). Es así que se comprende que si se encuentran en un medio saturado de agua no pierden sales y pueden mantener regulado su estructura interna (Schuldt, 2004).

j. Ciclo biológico

Luego del apareamiento las lombrices ponen un cocón cada 10 días, el cocón tiene forma de pera, mide de 3 a 4 mm de longitud, tiene una apariencia amarillo-verdoso y eclosiona luego de 21 días, obteniendo entre 2 y 20 crías por cocón (Fajardo, 2002). Su esperanza de vida es de 1 a 4,5 años y pueden tener hasta 1500 crías dentro de un año (Guerrero, 1993).

Al momento que nacen las lombrices tienen un color blanco, miden de 2 a 3 mm, luego de una semana adoptan un color rosado, al cumplir los 30 días ya han alcanzado la mitad de su crecimiento (Cajas, 2009). El paso de pre-madurez a madurez se produce cuando llegan a un peso de 0,24 gr y llegan a medir entre 2,5 y 3 cm que normalmente alcanzan alrededor de los 60 días, donde se vuelven inmunes a las enfermedades, pueden regenerarse y están listas para aparearse, cada 7 días durante el resto de su vida (Mendoza, 2008). En la Figura 4 se observa el ciclo biológico realizado por las lombrices.

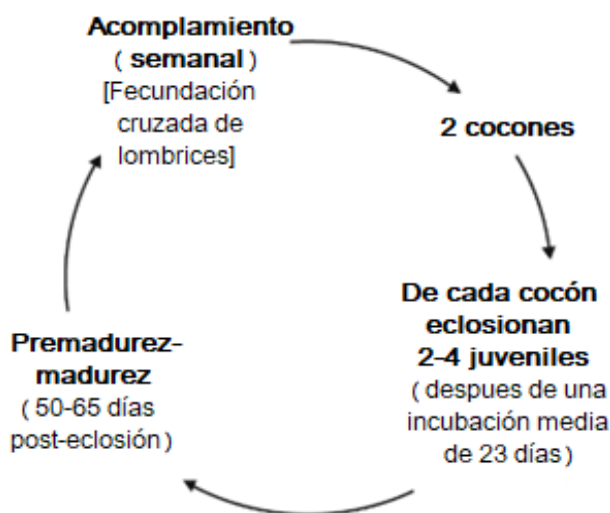


Figura 5: Ciclo Biológico de *Eisenia foetida* (dieta: estiércol vacuno, conejo; temperatura 25°C; humedad: 80%).

Fuente: Schuldt (2000).

2.3 Microorganismos involucrados en vermicompost

En procesos de vermicompost se encuentran implicados una gran variedad de microorganismos, específicamente hongos, bacterias y actinomicetos mesófilos mismos

que cumplen un papel importante en la degradación, transformación y bioestabilización de la materia orgánica (Dominguez, Aira, & Gomez, 2010).

Las lombrices y los microorganismos comparten una estrecha relación debido en parte que los microorganismos están dentro de la cadena alimenticia de las lombrices, con un grado de importancia de mayor a menor de protozoos, hongos, algas y bacterias (Brown & Doube, 2004).

Por otra parte las lombrices poseen un aparato digestivo complejo, donde habitan y están implicados microorganismos que producen exoenzimas que tienen la capacidad de modificar los componentes químicos y microbiológicos de la materia orgánica acelerando y mejorando la degradación en su sistema digestivo, que a su vez aumenta la capacidad de absorción de nutrientes (Drake & Horn, 2007).

Las lombrices se alimentan de bacterias rizosféricas promotoras de crecimiento de plantas como *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, entre otros., que pueden activarse o aumentar debido al microambiente ideal del intestino (Pathma & Sakthivel, 2012)

Los microorganismos tienen su origen en la naturaleza son microbios benéficos que al encontrarse en contacto con residuos orgánicos liberan sustancias que actúan sobre la materia orgánica, reprimiendo patógenos y favoreciendo a la formación de un ambiente antioxidante (Higa, 2002).

Las comunidades microbianas del suelo están compuestas por microorganismos en descomposición y microorganismos biosintéticos (microorganismos aerobios) estos últimos poseen la capacidad de fijar dióxido de carbono y nitrógeno mediante la fotosíntesis, mientras que los microorganismos en descomposición taxonómicamente se subdividen en dos grupos que realizan descomposición fermentativa y oxidativa (Olle & Williams, 2013).

Los microorganismos aerobios consumen materia orgánica, desarrollando tejido celular, a partir de micronutrientes como fósforo, carbono y nitrógeno, utilizando un gran porcentaje de carbono como fuente de energía, que se consume y luego se libera en forma de dióxido de carbono (Bejarano & Delgadillo, 2007).

Vargas (2010), indica que aun el conocimiento sobre la dinámica, funcionalidad y biodiversidad de la comunidad microbiana es muy limitado debido a la heterogeneidad y nivel de complejidad que presentan en el proceso de vermicompost, además en varios casos los estudios indican resultados muy opuestos.

2.3.1 Microorganismos benéficos

Son una combinación de microorganismos benéficos compuestos principalmente por cuatro grupos: levaduras, bacterias fototróficas, bacterias generadoras de ácido láctico y hongos de fermentación (Toalombo, 2012), que al encontrarse en un medio con presencia de materia orgánica, secretan sustancias benéficas como ácidos orgánicos, vitaminas minerales y antioxidantes que promueven la degradación de la materia orgánica, transformándola en humus (IDIAF, 2009).

Trading (2000), señala que es una conformación de microorganismos anaeróbicos y aeróbicos capaces de proliferar en cualquier tipo de ecosistema, que aprovechan el contenido de materia orgánica, mejorando el proceso de descomposición.

Actualmente existen estudios de inoculación de microorganismos con capacidad de solubilización de fósforo y fijación de nitrógeno, aportando sustancias fisiológicas al metabolismo de las plantas (Pathma & Sakthivel, 2012). Un gran número de estos microorganismos son producto de procesos microbiológicos controlados, que transforman residuos orgánicos biodegradables en material bioestable (Lopez, 2008).

Sweeten & Auvermann (2008), indican que la mayoría de microorganismos que realizan procesos de descomposición son termófilos que se desarrollan a altas temperaturas. Los principales factores que comprometen la capacidad de desarrollo de microorganismos y su acción biológica en la transformación de materia orgánica son: el pH y la disponibilidad de nutrientes, debido a que las condiciones de pH pueden incrementar o reducir los enzimas de los microorganismos mientras que si hay poca presencia de nutrientes no podrán consumir materia orgánica (Calvo, Meneses, & Dávila, 2008).

Los microorganismos son elementos fundamentales en el campo de la producción, debido a que es una pieza clave para el desarrollo sostenible en sistemas agrícolas al tiempo que integra prácticas para el manejo de nutrientes, control de plagas y enfermedades orientado a disminuir la utilización de productos agroquímicos (Bhattacharyya, Goswami, Bhattacharyya, 2016).

Diver (2001), indica que los principales grupos son: bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactis*), bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*), actinomicetos (*Streptomyces albus* y *S. griseus*) y hongos de fermentación (*Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* y *Mucor hiemalis*).

2.3.2 Tipos de microorganismos benéficos

a. Bacterias fototróficas

Son microorganismos independientes y autosuficientes que sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, que son componentes producidos por las secreciones de las raíces, gases perjudiciales y la materia orgánica (carbono) utilizando como fuente de energía la luz solar y el calor del suelo (Córdor, González Pérez, Lokare, & Lokare, 2013).

Los metabolitos son absorbidos de manera directa por las plantas, funcionando además como sustrato para el desarrollo y crecimiento de las bacterias que a su vez aumenta la población de otras comunidades microbianas benéficas (APNAN, 2003).

Las bacterias actúan como un componente indispensable dentro de los microorganismos benéficos debido a que contribuyen a mantener el equilibrio con otros microorganismos, posibilitando que todos puedan convivir y funcionar como un solo cuerpo (EARTH, 2008).

b. Levaduras

Obtienen las sustancias beneficiosas necesarias para el desarrollo de las plantas a través de azúcares y aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas, al tiempo que producen sustancias bioactivas (enzimas, hormonas y vitaminas) que ayudan a la división celular activa (Pacha, 2013). Estos microorganismos aceleran la descomposición de la materia orgánica degradando carbohidratos y proteínas (EARTH, 2008)

c. Bacterias productoras de ácido láctico

Generan ácido láctico a partir del azúcar y otros hidratos de carbono que producen la levadura y las bacterias fotosintéticas (Javaid & Bajwa, 2011). El ácido láctico favorece la degradación de componentes como la celulosa además posee la capacidad de limitar la proliferación de patógenos, que causan debilidad y un bajo rendimiento en los animales, al actuar estas bacterias sobre los patógenos van desapareciendo progresivamente (APNAN, 2003).

Las bacterias del ácido láctico tienen la capacidad de suprimir la propagación de *Fusarium*, que es un microorganismo dañino que causa problemas de enfermedades en el cultivo continuo (Córdor et al., 2013).

d. Actinomicetos

Son organismos heterótrofos que crecen en materia orgánica en descomposición y proliferan en suelos ricos en residuos vegetales y animales (Hillel, 2008). Producen

sustancias útiles a partir de aminoácidos y azúcares generados por la materia orgánica y bacterias fotosintéticas, estos microorganismos poseen la capacidad de suprimir patógenos y hongos dañinos (Córdor et al., 2013). Pueden convivir con bacterias fotosintéticas que combinadas incrementan la actividad microbiana en el suelo (Microbiotica, 2014).

e. Hongos de fermentación

Pertencen a este grupo hongos como el *Penicillium* y *Aspergillus* que realizan su acción sobre la materia orgánica que es consumida rápidamente, obteniendo alcohol y componentes antimicrobianos (Córdor et al., 2013). Además son los responsables de la desodorización y evitan la presencia de insectos nocivos (APNAN, 2003).

2.3.3 Influencia de los microorganismos benéficos en el suelo

La actividad microbiológica en el suelo es un proceso cambiante generado por las acciones de una variedad de microorganismos y macroorganismos, donde cada uno durante un tiempo determinado y bajo ciertas condiciones constituye un componente clave en la productividad del suelo (Irala, 2013).

Las influencias de los microorganismos benéficos incluyen: la fijación de nitrógeno atmosférico, la absorción de nutrientes, la promoción del crecimiento de raíces, la mejora de la estructura del suelo, el control de patógenos y la supresión de enfermedades y (Vadakattu, 2012).

Higa (1993), indica que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana del suelo, además poseen la capacidad de suprimir pesticidas y generar componentes bioactivos (enzimas, hormonas y vitaminas) que estimulan el desarrollo de los cultivos.

2.3.4 Aplicación

Actualmente la investigación y la aplicación de microorganismos benéficos se encuentra muy extendida debido a sus características amigables con el medio ambiente, promoción de la salud y mejora de la eficiencia económica (Zhou, Li, Jun, & Bo, 2009). La aplicación va desde la plantación de cultivos, la cría de animales, la desodorización de desechos, el tratamiento de aguas residuales, el control de la eutrofización, la producción de biocombustible, la industria y la salud (Acosta, 2012).

En relación a la aplicación de comunidades microbianas, se han realizado investigaciones sobre bacterias promotoras del desarrollo de las plantas, contenidos en forma líquida conformados principalmente por una combinación de *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptomyces fradiae*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus sp*, donde se

determinó que hubo un incremento en los parámetros de producción en cultivos de girasol que incluyen el peso y tamaño de la flor, así como número y peso de las semillas (Srinivasan & Mathivanan, 2009).

El efecto de tres consorcios de bacterias promotoras del desarrollo de las plantas en un cultivo de fresas, determinó que las cepas incrementaron de manera significativa; el contenido de zinc y fosforo en hojas, el crecimiento de la planta y el rendimiento de la fruta (Esitken et al., 2010).

2.3.5 Beneficios de los microorganismos en la agricultura

El uso de microorganismos benéficos como inoculantes de suelos y plantas para cambiar el equilibrio microbiológico de manera que mejoren la calidad del suelo y los cultivos agrícolas (Pedraza et al., 2010). Las interrelaciones que se establecen entre comunidades microbianas y plantas pueden ayudar a la producción y salud de los cultivos (Laili, Radziah, & Zaharah, 2017).

La microflora del suelo y la rizosfera pueden acelerar el crecimiento de las plantas y aumentar su resistencia a patógenos e insectos dañinos al producir metabolitos bioactivos (Singh et al., 2011). El uso de una gran variedad de enmiendas orgánicas a los suelos puede asegurar una gran población microbiana (Higa, 1993).

Los microorganismos aplicados en el suelo mejoran la salinidad, simplifican el intercambio de iones, favorece al lavado y drenaje de sales tóxicas, aumentan el proceso de descomposición y solubilizan minerales (PROEXANT, 2002).

La inoculación microbiológica en el suelo ayuda a controlar y suprimir las colonias de microorganismos patógenos que proliferan en el entorno, aumenta la diversidad microbiológica, creando ambientes óptimos para la propagación de microorganismos benéficos nativos (Pacha, 2013).

2.4 Residuos sólidos

2.4.1 Definición

Se denomina residuo sólido a todo producto o sustancia que es desechado por no brindar ninguna utilidad para aquel que lo desecha y que se halla confinado en un recipiente sólido, estos residuos por lo general son no peligrosos, putrefactos o no putrefactos, a excepción de excrementos de animales o humanos (Mejía & Andino, 2014). Pertenecen al mismo grupo residuos industriales, desperdicios domiciliarios, residuos de barrido de calles y plazas de mercado, escombros, desechos de hospitales no contaminados, entre otros., (Pintado, 2011).

Fernández & Sánchez (2007), expresan que los residuos son producidos por los seres vivos, como desperdicio de las actividades que estos realizan, por procesos naturales como los ciclos y por actividades propias del hombre, donde se concentran los residuos más peligrosos para el entorno natural, debido a que la mayoría de ellos tiene un impacto negativo y permanente en el medio ambiente, lo que en muchos casos se genera por las propias características físico-químicas del residuo.

2.4.2 Clasificación según su composición

Según sus componentes se clasifican en: residuos orgánicos, residuos inorgánicos, y residuos peligrosos (Fernández & Sánchez, 2007).

a. Residuos inorgánicos

Son aquellos residuos que no pueden ser descompuestos por otros organismos vivos y su degradación natural es de manera lenta tardando años (García, 2015); a este grupo pertenece el plástico, aluminio, vidrio, textiles y otros residuos que ventajosamente son comprados por las industrias, debido a que pueden volver a ser usados en la fabricación de nuevos productos (Muñoz, 2004).

b. Residuos orgánicos

Es todo aquel residuo que tiene origen biológico, que en algún momento fue un organismo vivo o formó parte de uno: como ramas, hojas, viseras, cueros, restos de hortalizas y residuos de la preparación de alimentos domésticos, entre otros (Uyaguari, 2012).

Son aquellos residuos que proceden de restos de productos orgánicos, la mayoría se consideran biodegradables y se puede descomponer de manera rápida (Agüero, 2014). Los residuos de papel, cartón y plástico son productos de origen orgánico, no obstante para procesos de reciclaje son considerados como inorgánicos debido al proceso particular al que son sometidos y su compleja estructura molecular (Flores, 2001).

c. Residuos peligrosos

Los residuos considerados peligrosos, cuya procedencia sea biológica o no, son los que representan un peligro potencial para las personas, por lo que deben recibir un manejo especial, dentro de este grupo se encuentran sustancias químicas corrosivas, materiales médicos infecciosos, ácidos entre otros (Pintado, 2011).

2.4.3 Clasificación según su origen

Según su origen se dividen en residuos: domiciliarios, industriales, hospitalarios, comerciales, constructivos y agrícolas (Fernández & Sánchez, 2007).

2.4.4 Efectos de la contaminación de residuos sólidos

a. Impacto paisajístico

El resultado del mal manejo de los residuos sólidos urbanos provoca la degradación del paisaje natural, así como el deterioro estético del área urbana y rural de las ciudades (Lopez, 2009). Cada vez es más frecuente observar depósitos de basura a cielo abierto ubicados en cualquier parte (Jaramillo & Zapata, 2008).

b. Efectos sobre la salud

Las enfermedades pueden originarse por contacto directo con los residuos e indirectamente mediante diversas especies transmisoras como cucarachas, insectos, moscas, perros y gatos callejeros que pueden transmitir enfermedades como el cólera o el dengue (Fernández, 2005). La acumulación de residuos en los desagües que impiden la circulación del agua durante épocas de lluvias provoca la propagación de estos vectores (OPS, 2005).

La proliferación de agentes patógenos también se ve beneficiada por la acumulación de papeles higiénicos, pañales desechables y gasas, aunque los microbios son poco tolerantes a las condiciones del ambiente, donde duran poco tiempo y mueren (IBAM, 2006).

c. Contaminación del suelo

La contaminación del suelo se genera a raíz de la acumulación de residuos en los suelos, la descarga de residuos tóxicos provocan alteraciones fisicoquímicas en este recurso, que influye directamente en la disminución de sus funciones (Lopez, 2009).

El suelo se ve afectado en su estructura, debido a la percolación de lixiviados, que al entrar en contacto, lo dejan inhabilitado por un largo tiempo, terminando con la microfauna existente (Fernández, 2005). Además la basura presente en el suelo impide la recuperación de la flora del medio impactado y beneficia la aparición de plagas causantes de enfermedades como roedores, zancudos, entre otros., (MINAM, 2011).

d. Contaminación del agua

Los depósitos de basura generan impactos negativos en fuentes hídricas si no hay un manejo adecuado, debido a que los lixiviados pueden alcanzar y alterar los cuerpos de agua superficiales, o a su vez percolarse en la estructura del suelo entrando en contacto con corrientes de aguas subterráneas (Agüero, 2014). Botar desechos sólidos a los ríos aumenta el contenido de materia orgánica reduciendo el oxígeno disuelto, que ocasiona la proliferación de algas dando como resultado la eutrofización que propicia la muerte de peces y genera malos olores (Jaramillo & Zapata, 2008).

e. Contaminación del aire

Los residuos sólidos al momento de su descomposición producen gases y olores fuertes, debido al dióxido de carbono y metano que están presentes en el proceso y son los culpables del aumento del efecto invernadero en la Tierra, que influye directamente en el calentamiento global (Agüero, 2014). La descomposición puede ser controlada con un manejo adecuado de los residuos sólidos a través de una incineración llevada a cabo de manera técnica, debido a que si son quemados de manera inapropiada pueden depositarse en el ambiente como humo y material particulado, llegando a causar graves problemas respiratorios (MINAM, 2011).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y duración del experimento

La investigación se desarrolló en un predio ubicado en la comunidad Pamar Chacrin, como se observa en la Figura 6, perteneciente a la parroquia San Bartolomé del cantón Sigsig, en la provincia del Azuay, el estudio experimental tuvo una duración de 90 días. La comunidad se encuentra en una zona que presenta una de las mejores condiciones climáticas de la parroquia y del cantón con un clima templado con temperaturas que oscilan entre 16 – 17°C en promedios anuales (SNI, 2013).

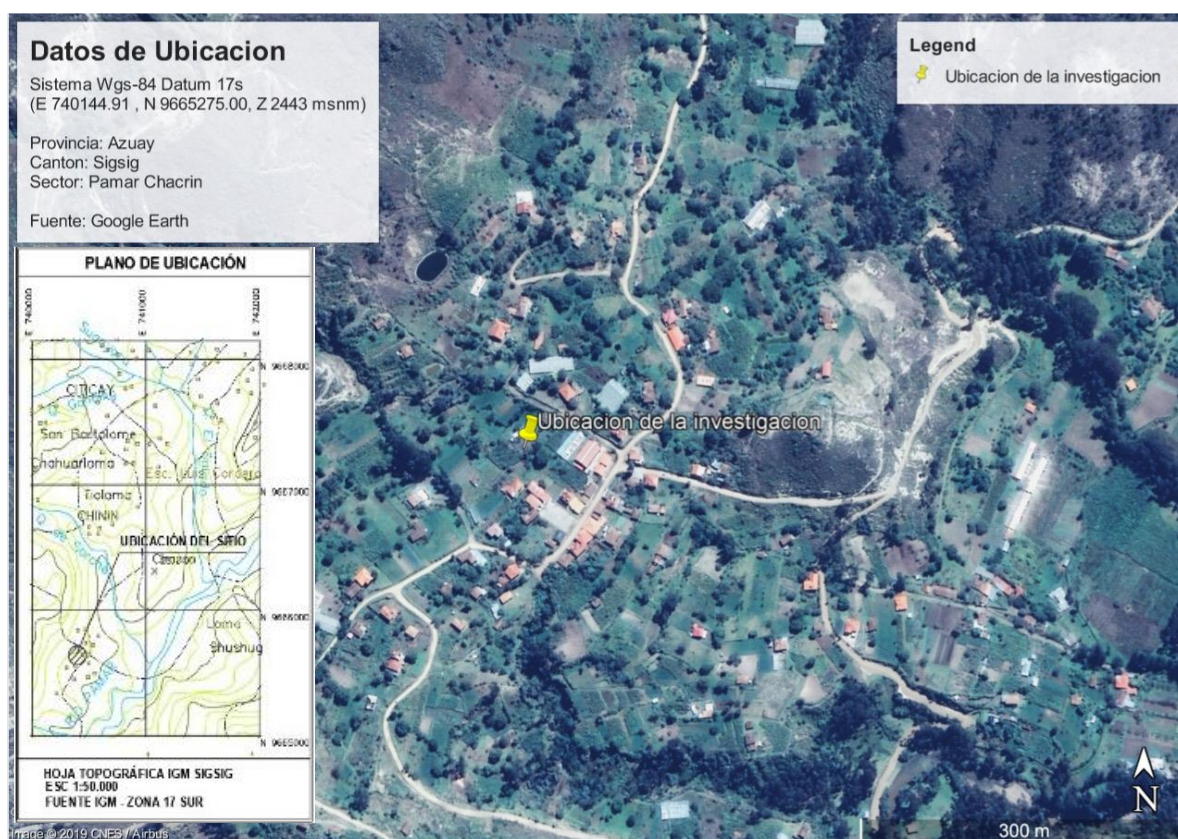


Figura 6: Ubicación de la zona de estudio.

3.2 Diseño de la investigación y unidades experimentales

El estudio se llevó a cabo con un total de 12 unidades experimentales enfocándose en el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos en dos tratamientos, más un testigo, mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un análisis de varianza ANOVA, constando cada tratamiento de cuatro repeticiones.

3.3 Tratamientos

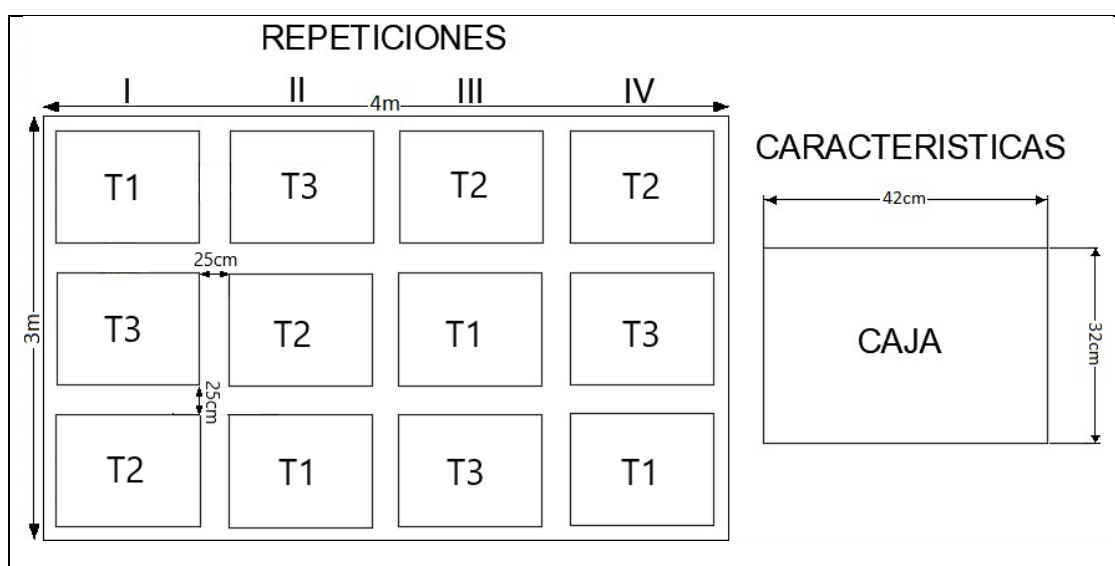
El estudio estuvo conformado por tres tratamientos, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3: Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción	Planta	Nombre Científico
T1	Consortio microbiano benéfico 1 (CMB1)	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>
T2	Consortio microbiano benéfico 2 (CMB2)	Hierba luisa	<i>Cymbopogon citratus</i>
T3	Testigo		

3.4 Esquema del diseño de estudio

En la Figura 6 se observa el croquis del diseño de las unidades experimentales.



Leyenda	
T1	Tratamiento 1
T2	Tratamiento 2
T3	Tratamiento 3

Figura 7: Croquis de la distribución de las unidades experimentales.

3.5 Características del área experimental

En la Tabla 4 se describe las dimensiones del área que se utilizó para el estudio experimental.

Tabla 4: Características del área experimental.

Características del área experimental	Dimensiones
Área de la caja	0,134 m ²
Área total de las cajas	1,61 m ²

Largo de la caja	0,42 m
Ancho de la caja	0,32 m
Alto de la caja	0,23 m
Ancho del ensayo	3 m
Largo del ensayo	4 m
Área total del ensayo	12 m ²
Área de caminos	1,25 m ²

3.6 Obtención de microorganismos benéficos.

Se recolectó muestras de dos especies vegetales ruda (*Ruta graveolens*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) que luego en el laboratorio se procedió a cortar y registrar su peso 500 gramos de hierba luisa (Figura 8) y 500 gramos de ruda (Figura 9).



Figura 8: Especie vegetal ruda (*Ruta graveolens*).



Figura 9: Especie vegetal hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).

De acuerdo a la metodología citada por Alvarez et al., (2018), en un recipiente con capacidad para 5 litros se agregó agua sin cloro en la misma cantidad que el peso de la muestra vegetal (500 ml) que constituyeron el peso total (1000 g), sobre el cual se adicionó los 500 gramos pesados previamente de la especie vegetal que corresponda, 10% de hígado (100 g), 1% de sal (10 g) y 20% de melaza de caña de azúcar (200 ml). En la Figura 10 se observan los ingredientes medidos previos a la mezcla.



Figura 10: Ingredientes medidos.

Luego de agregados los ingredientes en el envase con precaución se homogenizo la mezcla y se dejó reposar. En la Figura 11 se observa la mezcla final del cultivo madre con ruda.



Figura 11: Mezcla final del cultivo madre obtenido a partir de la ruda (*Ruta graveolens*).

Una vez elaborado el cultivo madre, cada día se revolvió por la mañana. En las Figuras 12 y 13 se observa la apariencia de los tratamientos después de cinco días de haber desarrollado la práctica.



Figura 12: Apariencia del cultivo madre a partir de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).



Figura 13: Apariencia del cultivo madre a partir de la ruda (*Ruta graveolens*).

3.7 Activación de microorganismos benéficos

En un envase con capacidad para 5 galones se agregaron 17 litros de agua libre de cloro volumen sobre el cual se adicióno 1% de sal (200 g), 10% de hígado de res (2000 g) y 10% de melaza (2000 ml). En la Figura 14 y 15 se aprecia la cantidad de sal y melaza que se utilizó.



Figura 14: Cantidad de sal requerida.



Figura 15: Cantidad de melaza requerida.

Después en un vaso de precipitación con capacidad para 2 litros con ayuda de un cernidor se extrajo el contenido líquido obtenido del cultivo madre (Figura 16) y se adiciónó al envase



Figura 16: Contenido líquido obtenido del cultivo madre de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).

Luego de agregar los ingredientes con cuidado se homogenizó la mezcla. Se debe tomar en cuenta que el procedimiento se repite por cada especie vegetal. En la Figura 17 se observa la mezcla.



Figura 17: Mezcla de los elementos

Después de mezclar se tapó y se dejó reposar durante 15 días, tomando en cuenta que todos los días se tuvo que destapar las canecas por un instante para que se libere el gas acumulado. En las Figuras 18 y 19 se observa la presencia de capas blanquecinas de las especies vegetales ruda y hierba luisa después de 12 días de haber dejado en reposo.



Figura 18: Presencia de capas blanquecinas en la solución obtenida a partir de la ruda (*Ruta graveolens*) después de 12 días de haber dejado reposar.



Figura 19: Presencia de capas blanquecinas en la solución obtenida de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) después de 12 días de haber dejado reposar.

En el quinto día se observó la presencia de una capa blanquecina sobre la superficie del contenido preparado a partir de la hierba luisa que demostró que el proceso con dicha especie vegetal avanzaba más rápido.

La presencia de la capa blanquecina se observó al décimo día en el contenido preparado a partir de la ruda por lo que se dedujo que el proceso con esta especie vegetal fue más lento.

En los dos procesos se evidenció un olor agridulce después de haber transcurrido 5 días que se realizó la activación lo que reflejó la presencia de microorganismos benéficos.

3.8 Preparación del área de estudio

Inicialmente se limpió y aplano la superficie del suelo, luego se dispuso a conformar la estructura que protegerá a las unidades experimentales de rayos de luz y la lluvia, la cual tiene una dimensión de cuatro metros de largo, por tres metros de ancho, una vez armada la estructura se instaló la cubierta que cuenta con malla de sarán sujeta con alambre a los pilares de madera y por encima el plástico de invernadero. En la Figura 20 se observa el área que se utilizó para el estudio experimental.



Figura 20: Área del estudio experimental.

3.9 Acondicionamiento del sustrato

3.9.1 Residuos orgánicos domésticos

Para la preparación del sustrato se inició recolectando residuos orgánicos domésticos frescos que incluyeron cortezas de habas, de frijol, de arveja, de zanahoria, hojas de col, de lechuga, de acelga, de nabo, restos de cilantro, papaya, manzana, banano, pimiento, yuca, tomate, entre otros., como se observa en la Figura 21, que fueron picadas y mezcladas, en total se inició con 6000 gramos de residuos orgánicos domésticos.



Figura 21: Recolección de residuos orgánicos domésticos.

3.9.2 Hojarasca

Además, se recolectó hojas secas para las lombrices, en total se utilizó 2400 gramos. Para un desarrollo óptimo de un lombricultivo es necesario incluir una cobertura natural como hojarasca, pastos, que sirva como refugio ante la posibilidad de condiciones

inusuales como aumentos de temperatura o humedad excesiva, así también favorece al intercambio gaseoso y reduce la posibilidad de fugas del cultivo (Schuldt, 2006).

3.9.3 Humus de lombriz

Para que las lombrices cuenten con condiciones óptimas se adicionó humus de lombriz producido por ellas en previamente debido a que al incorporar residuos orgánicos frescos necesitan un material bioestable como base porque la degradación de los residuos genera gases y aumentos de temperatura que les resulta perjudicial. Se recolectó en total 12000 gramos de humus desde un lumbricario que utilizaba como sustrato residuos orgánicos domésticos y estiércol de cuy.

3.10 Adecuación de las cajas

En la Figura 22 se aprecian las cajas utilizadas para lombricompost, que están fabricadas de polietileno tiene una capacidad de 12 litros, color crema con dimensiones de 0,42 m x 0,32 m x 0,23 m de altura y pesan 925 gramos, al estar abiertas en la parte superior garantizan la entrada de aire suficiente para las lombrices y propician las condiciones necesarias para que la degradación de los residuos orgánicos se lleve a cabo en condiciones aerobias. Para que los lixiviados drenen se realizó un agujero en un extremo de 20 mm de diámetro y por último se cubrió con fundas plásticas cada caja para evitar la salida de lombrices.



Figura 22: Cajas utilizadas para lombricompost.

3.11 Adición de sustratos

Luego de obtenido los sustratos, adecuado la zona de estudio, se procedió a colocar los sustratos de la siguiente manera:

- Utilizando la balanza se pesó y depositó 1000 gramos de humus de lombriz en el fondo de la caja.

- Luego se colocó 500 gramos de residuos orgánicos domésticos sobre la superficie del humus de lombriz.
- Por último, se utilizó 200 gramos de hojarasca y se colocó sobre la capa de residuos orgánicos domésticos.

El proceso de adición de los sustratos se repitió por cada unidad experimental con lo que se garantizó que todos los tratamientos tengan las mismas condiciones, posteriormente se les adiciono 600 gramos de residuos orgánicos domésticos una vez por semana por cada repetición hasta el día 60 desde que se inició el estudio experimental de manera que se adoptó una alimentación sucesiva. Según Schuldt (2006), una densidad inicial de 4000 lombrices consiguen consumir 66 kg de materia orgánica mensualmente, mediante lo cual se estimó la cantidad de residuos que demandan las lombrices semanalmente en el presente estudio.

3.12 Adición de lombrices

Se colocaron 649 lombrices adultas por caja, que registraron un peso de 200 gramos, mediante lo cual se determinó que el peso promedio de las lombrices fue aproximadamente de 0,309 gramos. Luego de colocar las lombrices, estas se introdujeron en los sustratos y se rego cada unidad con agua libre de cloro.

3.13 Distribución de las cajas

En la Figura 23 se observa la distribución de las cajas para el estudio experimental que se realizó conforme al croquis que se aprecia en la Figura 6.



Figura 23: Distribución de las cajas para el estudio experimental.

3.14 Inoculación de microorganismos benéficos

Para T1 y T2 se preparó una solución al 10% de microorganismos benéficos de la siguiente manera: se mezcló en un recipiente 5 litros de agua (sin cloro) y se adicionó 500 ml del contenido líquido con microorganismos benéficos, para el primer caso los microorganismos fueron obtenidos a partir de la ruda y para el segundo a partir de la hierba luisa, T3 al considerarse testigo únicamente estuvo compuesto de agua.

A partir de cada solución preparada mediante un aspersor fueron aplicados una vez por semana 50 ml en cada una de las unidades experimentales como se aprecia en la Figura 24.



Figura 24: Inoculación de microorganismos benéficos.

3.15 Seguimiento del proceso

Para mantener controlado el proceso y se maneje en condiciones óptimas se realizó un seguimiento utilizando un pH-metro, un termómetro y un medidor de humedad, mediante los cuales se midieron parámetros de temperatura, humedad y pH (Figura 25), una vez por semana durante todo el proceso de estudio. Para mantener la humedad se regaba las cajas controlando que no haya excesos.



Figura 25: Medición de parámetros.

En los Anexos del 8 al 19 se presenta el registro de parámetros de humedad, temperatura y pH obtenidos de las unidades experimentales. De los resultados de humedad se determinó que de manera uniforme todas las unidades experimentales en la etapa inicial registraron niveles de humedad entre 90 y 80% mientras que al final se obtuvo niveles que oscilan entre 80 y 70% debido a que el proceso de vermicompost entra en una etapa de maduración donde la humedad puede bajar hasta el 50%. Las temperaturas iniciales en los tratamientos oscilaron entre 20 y 19°C, conforme avanzó el proceso descendieron registrando valores entre 17 y 18°C. El nivel de pH en las unidades experimentales se mantuvo por lo general en 7 durante todo el proceso; por lo tanto no se reflejó ninguna condición inusual en los tratamientos.

3.16 Extracción de muestra de lombrices

Para estimar la capacidad de reproducción de las lombrices se realizó un muestreo a 90 días de iniciado el estudio donde se utilizó una técnica de vermicompost manejada por (Schuldt, 2004), que se basa en tomar una muestra de cada unidad experimental mediante un extractor que tiene una superficie de 0,0056m² y colocar en una bandeja donde se realizó un conteo clasificándolas en adultas, subadultas, juveniles y cocones. En la Figura 26 observamos la extracción de la muestra y en la Figura 27 el extractor que se utilizó.



Figura 26: Extracción de una muestra de la unidad experimental.



Figura 27: Extractor cubico que se utilizó para obtener las muestras.

En los Anexos 20, 21, 22 y 23 se adjunta los resultados del conteo de individuos de las unidades experimentales, extraídas de la muestra a 90 días de iniciado el estudio.

Luego para poder estimar la cantidad de lombrices por unidad experimental. Se realizó el siguiente cálculo:

$$(1) \frac{(\text{Número de lombrices por muestra})(\text{Superficie total de la caja})}{\text{Superficie del extractor}}$$

Por ejemplo, si se considera que existe una muestra de 52 lombrices adultas se realiza la siguiente relación.

$$(2) \frac{(52 \text{ lombrices adultas}) (0,134\text{m}^2)}{0,0056\text{m}^2}$$

$$(3) 1224 \text{ lombrices adultas}$$

De manera que se obtuvo una estimación del número total de lombrices de cada unidad experimental.

3.17 Recolección del humus

La recolección del humus se realizó a 90 días de realizado el estudio, tiempo en que el vermicompost se encuentra en su etapa final de maduración y el porcentaje de humedad empieza a descender.

En las unidades experimentales se observó que el humus de manera homogénea presentó un color marrón, pastoso y sin olor lo cual demostró que se encontraba en la etapa final; en la Figura 28 se observa el registro del peso del humus de lombriz.



Figura 28: El peso de vermicompost.

Las tasas de transformación de residuos orgánicos a vermicompost se obtuvieron después de registrar el peso del humus obtenido de cada unidad experimental a los 90 días de iniciado el estudio, lo cual se dividió para el peso de los residuos orgánicos suministrados, multiplicado por cien obteniendo el porcentaje de vermicompost.

$$(4) \text{ Porcentaje de vermicompost} = \frac{\text{Peso del vermicompost obtenido}}{\text{Peso de residuos orgánicos suministrado}} (100)$$

Luego se hizo la siguiente relación; si los residuos orgánicos suministrados son el 100% se restó menos el porcentaje de vermicompost, obteniendo como resultado el porcentaje que corresponde a la tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost.

$$(5) \text{ Tasa de transformación} = \text{Residuos orgánicos (\%)} - \text{Vermicompost obtenido (\%)}$$

3.18 Obtención de muestras para el análisis bioquímico y microbiológico del vermicompost.

Se extrajo de las unidades experimentales una muestra, la cual se mezcló de manera uniforme, luego se verificó que no exista presencia de cocones ni lombrices, y se pesó 250 gramos/unidad experimental. Posteriormente las muestras fueron etiquetadas (Figura 29) y enviadas al laboratorio de suelos Bionika Biodesintel Cia. Ltda., ubicado en la ciudad de Quito donde se solicitó los análisis físico-químico y biológicos de manera general de cada tratamiento.



Figura 29: Muestras de vermicompost.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tasa de transformación de materia orgánica a vermicompost a 90 días del inicio del estudio.

En la tabla 5 se reportan la cantidad de residuos orgánicos suministrados a los tratamientos, en total 6500 gramos y su contraste con el peso promedio que se obtuvo al término de la transformación a vermicompost, determinando que T1 registró un valor de 5314 gramos, mientras T2 obtuvo un valor de 5316 gramos y por último T3 registro un valor de 5121 gramos.

Tabla 5: Peso promedio: del sustrato inicial, humus producido a 90 días del inicio de estudio y sustrato transformado expresado en gramos.

Tratamientos	Peso inicial del sustrato (g)	Materia orgánica transformada (g)	Peso del Humus producido (g)
T1	6500	1186	5314
T2	6500	1184	5316
T3	6500	1379	5121

La materia orgánica transformada en T3 fue más alto porque se considera que hubo un mayor consumo de materia orgánica, que puede estar directamente relacionado con un mayor número de lombrices.

En la tabla 6 se presenta la tasa de transformación de materia orgánica a vermicompost que se obtuvo de la diferencia entre el 100% del sustrato menos el porcentaje obtenido del peso del humus producido de cada tratamiento a 90 días de realizado el estudio.

Tabla 6: Tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost expresados en porcentaje.

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Media %
	I	II	III	IV		
T1	19,78	19,12	15,76	18,32	72,98	18,25
T2	15,79	20,97	14,88	21,18	72,82	18,21
T3	18,04	22,04	21,92	22,86	84,86	21,22

4.1.1 Análisis estadístico.

En la Tabla 7 se presenta los resultados del análisis estadístico descriptivo, donde se determinó que T2 presento el conjunto de datos con mayor variabilidad con un porcentaje de 18,32%, por lo tanto, la distribución de sus datos es más dispersa, que hace que sea el tratamiento más impredecible.

Tabla 7: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la transformación de residuos orgánicos a vermicompost.

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar %
T1	18,25	18,72	1,76	9,65	0,88
T2	18,21	18,38	3,34	18,32	1,67
T3	21,22	21,98	2,16	10,17	1,08

En la Tabla 8 se presentan los resultados de análisis de varianza ANOVA, donde se determinó que no existe una diferencia significativa entre la tasa de transformación de los tratamientos debido a que la probabilidad correspondiente a esta prueba estadística es $p = 0,206$ que al ser mayor al nivel de significancia ($p > 0,05$) se considera que los tratamientos son estadísticamente iguales.

Tabla 8: Análisis de varianza ANOVA de la transformación de residuos orgánicos a vermicompost.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	$p > F$
Tratamientos:	2	23,84	11,92	1,894	0,206
Error:	9	56,65	6,29		
Total:	11	80,49			

En la Figura 30 del diagrama de cajas de la tasa de transformación, se aprecia que la mediana de T3 es superior frente a la de T1 y T2 que corresponden a los tratamientos con aplicación de microorganismos benéficos obtenidos a partir de la ruda (*Ruta graveolens*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) respectivamente, es decir T3 registró un mayor consumo de materia orgánica pese a no haber sido inoculado con microorganismos benéficos. T1 presenta una dispersión similar a T3 ambas con una asimetría negativa, mientras que T2 presentó una variabilidad del 18,32% y una distribución simétrica. Los bigotes en los tratamientos demostraron que no existen datos atípicos.

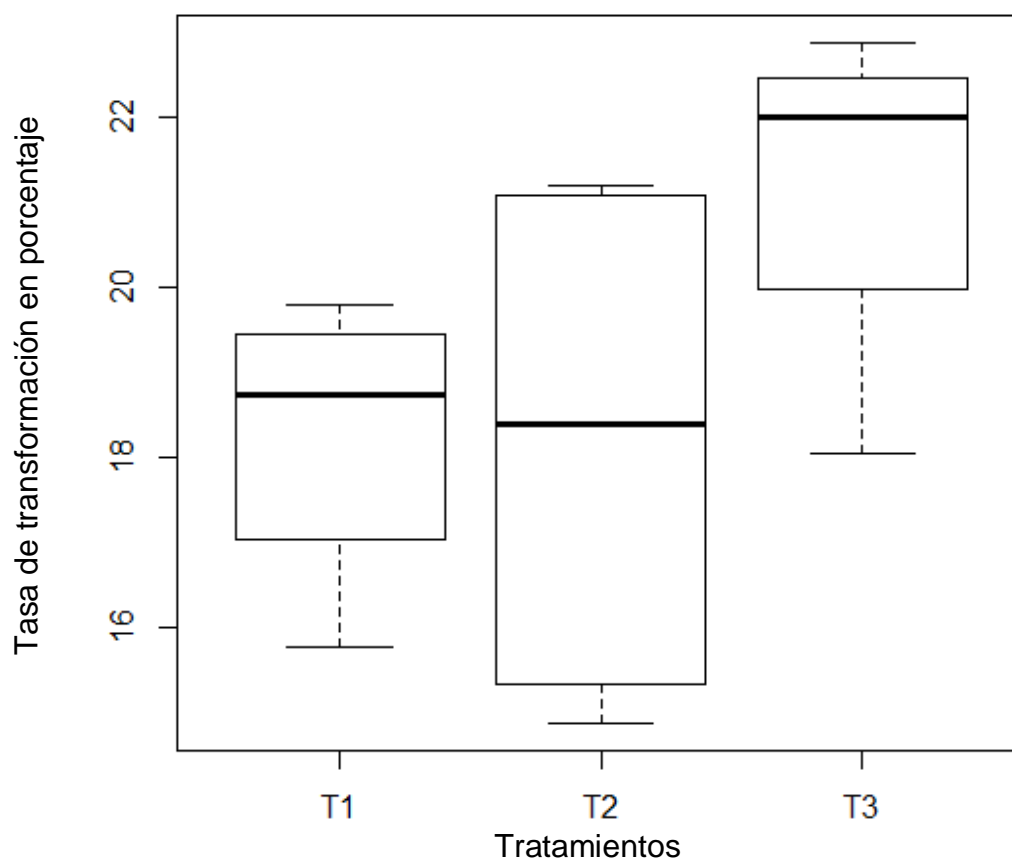


Figura 30: Boxplot de los tratamientos respecto a la tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost.

Se considera que la mayor degradación presentada en T3 está vinculada directamente con una mayor presencia de lombrices, debido que si hay una población superior habrá una mayor demanda de alimento por lo tanto crecerá el consumo de materia orgánica.

Durán & Henriquez (2007) en su estudio determinaron que el porcentaje de disminución del volumen del sustrato de origen doméstico se redujo en un 80% un nivel superior frente a los resultados encontrados en los tratamientos. El porcentaje de vermicompost obtenido en restos de cocina, fue de del 40,60% difiriendo del presente estudio que en todos los tratamientos se obtuvo un porcentaje mayor de vermicompost (Paco, Loza, Mamani, & Sainz, 2011).

El porcentaje de descomposición depende del número de lombrices, edad, tipo de manejo y alimentación que consumen en un determinado tiempo, debido a que del 100% de sustrato consumido el 60% va llegar a ser vermicompost y el 40% es aprovechado como alimento (Barbado, 2003).

4.2 Capacidad reproductiva de la lombriz roja californiana a 90 días del inicio del estudio.

4.2.1 Lombrices adultas

En la Tabla 9 se presenta el número de individuos adultos registrados en los tratamientos.

Tabla 9: Población de lombrices adultas.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	1239	1120	929	1114
T2	977	1548	572	1668
T3	953	1525	1620	1882

a. Análisis estadístico

En la Tabla 10 se presentan los resultados del análisis estadístico descriptivo respecto al número de individuos adultos a 90 días del estudio, donde se aprecia que T2 presentó mayor dispersión en el conjunto de datos frente a los otros tratamientos, esto quiere decir que es el tratamiento más impredecible, con un coeficiente de variabilidad del 42,91%.

Tabla 10: Resumen estadístico de la población de lombrices adultas de los tratamientos.

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar %
T1	1100	1117	128,01	11,63	64
T2	1191	1263	511,19	42,91	255,59
T3	1495	1573	391,60	26,19	195,80

En la Tabla 11 se exponen los resultados obtenidos de los tratamientos, mediante un análisis de varianza ANOVA; donde se determinó que no existe una diferencia significativa en el número de lombrices adultas, debido al resultado obtenido $p = 0,3438$, se determinó que al no ser $p < 0,05$ los tratamientos son estadísticamente iguales.

Tabla 11: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices adultas de los tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p > F
Tratamientos:	2	341569	170784	1,1884	0,3483
Error:	9	1293426	143714		
Total:	11	1634995			

En la Figura 31 se observa que las medianas de población de lombrices adultas son diferentes en cada tratamiento. Se aprecia que T3 reportó la mediana más alta es decir registro mayor población de lombrices adultas que se relaciona con el mayor consumo de materia orgánica, mientras que T2 y T1 reportaron una población media de 1191 y

1100 lombrices respectivamente. T1 presentó la menor dispersión en el conjunto de datos, al contrario, T2 y T3 si presentaron una dispersión significativa, con una variación del 42,91% en T2 y de 26,19% en T3. Los bigotes en las cajas indicaron que no hay valores atípicos y la distribución presenta una asimetría negativa en los tratamientos.

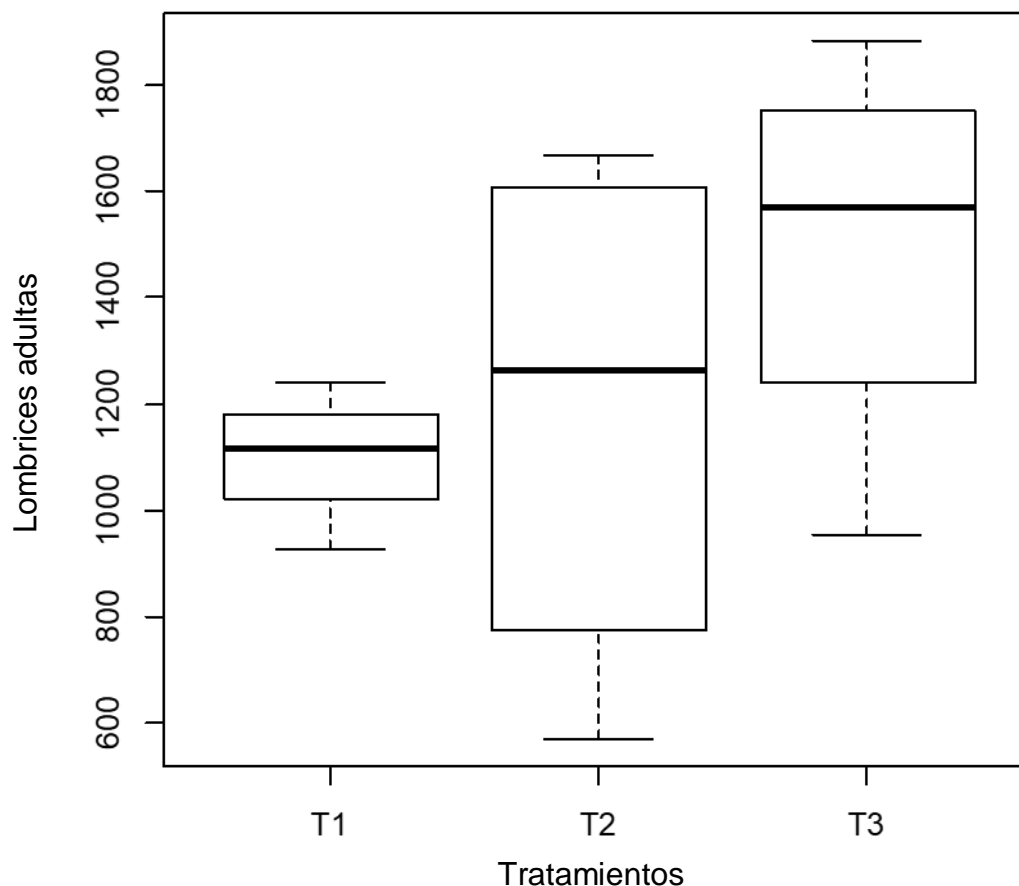


Figura 31: Boxplot de la población de lombrices adultas.

Cano & Salinas (2006), en su estudio del efecto de la aplicación de microorganismos eficiente sobre la capacidad reproductiva de la lombriz *Eisenia foetida* y la calidad del lombricompost, utilizando una población inicial de 1000 lombrices, al término de 90 días determinaron que el tratamiento con microorganismos eficientes al 5% registro una población de 3755 lombrices, obteniendo un resultado similar al testigo (estiércol fresco sin EM), mientras que el tratamiento con estiércol fermentado con EM al 2% presentó una población de lombrices menor al testigo.

4.2.2 Lombrices subadultas

En la Tabla 12 se presenta el número de individuos subadultos registrados en los tratamientos a 90 días de haber iniciado el estudio.

Tabla 12: Población de lombrices subadultas.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	262	548	191	429
T2	214	453	167	286
T3	238	667	858	524

a. Análisis estadístico

En la Tabla 13 se aprecia el resumen estadístico descriptivo del número de individuos subadultos reportados en cada uno de los tratamientos. Se aprecia que T3 registró mayor dispersión en el conjunto de datos con una variación del 45,68% que demuestra que es el tratamiento más impredecible.

Tabla 13: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la población de lombrices subadultas.

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV (%)	Error estándar (%)
T1	357,5	346	161,50	45,17	80,74
T2	280	250	125,29	44,75	62,64
T3	571,75	131	261,20	45,68	130,60

En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos de un análisis de varianza ANOVA, donde se aprecia que no existe diferencias significativas en el número de lombrices subadultas entre los tratamientos, debido a que $p = 0,1373$, se determinó que al ser p mayor al nivel de significancia ($p > 0,05$) no existe una diferencia marcada en el número de individuos, por lo que se considera que los tratamientos son iguales.

Tabla 14: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices subadultas de los tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	$p > F$
Tratamientos:	2	182829	91415	2,4963	0,1373
Error:	9	329575	36619		
Total:	11	512404			

En la Figura 32 se presenta un boxplot, del número de individuos subadultos. Donde se apreció que las medianas son diferentes en cada uno de los tratamientos. T2 fue el tratamiento que alcanzó la mediana más alta, es decir presentó mayor número de individuos frente los otros tratamientos. El sesgo en las cajas T1 y T2 determinó que hay una asimetría positiva, al contrario de T3 que presentó una asimetría negativa; por lo que se considera que los datos en su mayoría se concentraron en la parte superior de

la caja. La dispersión de los datos de T2 fue menor frente a los demás tratamientos con una variabilidad del 44,75%. Los bigotes en las cajas reflejaron que no existen datos atípicos en los tratamientos.

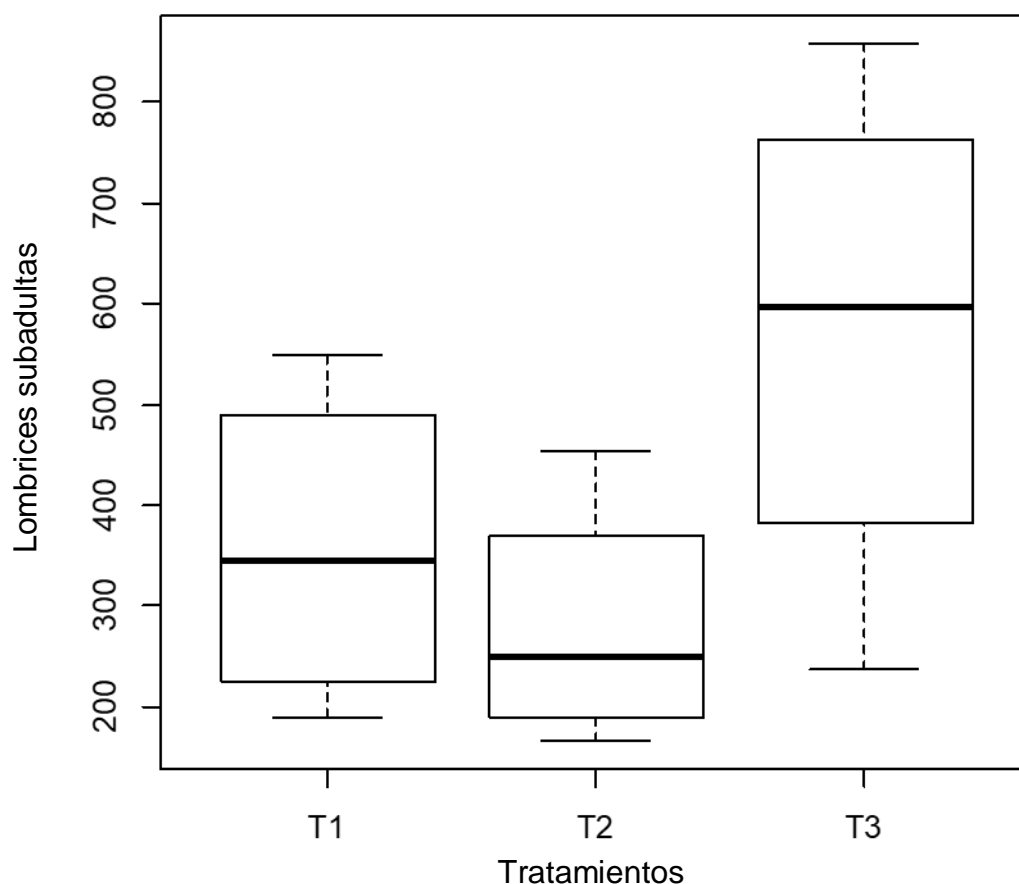


Figura 32: Boxplot de la población de lombrices subadultas.

Durán & Henríquez (2007), en su estudio con una población inicial de 600 lombrices determinaron al término de 90 días utilizando residuos orgánicos domésticos como sustrato que la población de lombrices subadultas fue de 204 individuos, un resultado inferior a los reportados en el presente estudio.

4.2.3 Lombrices juveniles

En la Tabla 15 se presenta los resultados del muestreo del número de individuos juveniles al final del estudio (90 días), que consta de tres tratamientos con cuatro repeticiones respectivamente.

Tabla 15: Población de lombrices juveniles.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	4788	5050	2073	3002
T2	1858	2525	3192	3430
T3	2978	3835	5455	4955

a. Análisis estadístico

En la Tabla 16 se presenta el resumen estadístico descriptivo respecto al número de individuos juveniles registrados en los tratamientos. La dispersión del conjunto de datos de T1 es mayor frente a los otros tratamientos, con una variación del 38,36% que determina que es el tratamiento más impredecible.

Tabla 16: Resumen estadístico de los tratamientos respecto a la población de lombrices juveniles.

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV (%)	Error estándar (%)
T1	3728,25	3895	1430,31	38,36	161,49
T2	2751,25	2858,5	708,06	25,74	125,28
T3	4305,75	4395	1114,57	25,89	261,20

En la Tabla 17 se exponen los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza ANOVA del número de lombrices juveniles presentes en los tratamientos a los 90 días. Donde se determinó que los tratamientos no presentaron diferencias significativas en el número de individuos debido a que $p = 0,19$; es decir al no ser $p < 0,05$ los tratamientos son estadísticamente iguales.

Tabla 17: Análisis de varianza ANOVA de la población de lombrices juveniles de los tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p > F
Tratamientos:	2	4938465	2469232	1,9540	0,1973
Error:	9	11373091	1263677		
Total:	11	16311556			

En la Figura 33 se aprecia que las medianas de los tratamientos son diferentes entre sí, donde T3 alcanzó la mediana más alta respecto al número de individuos juveniles. Los sesgos en las cajas demostraron que los tratamientos tienen una asimetría negativa, es decir la mediana, se encuentra desplazada por encima de la media concentrando el mayor número de valores en la parte superior de la caja, resultado que se repite en todos los tratamientos. La caja de T2 presentó menor dispersión en el conjunto de datos con un coeficiente de variación del 25,74% mientras que los bigotes determinaron que las cajas no presentaron valores atípicos.

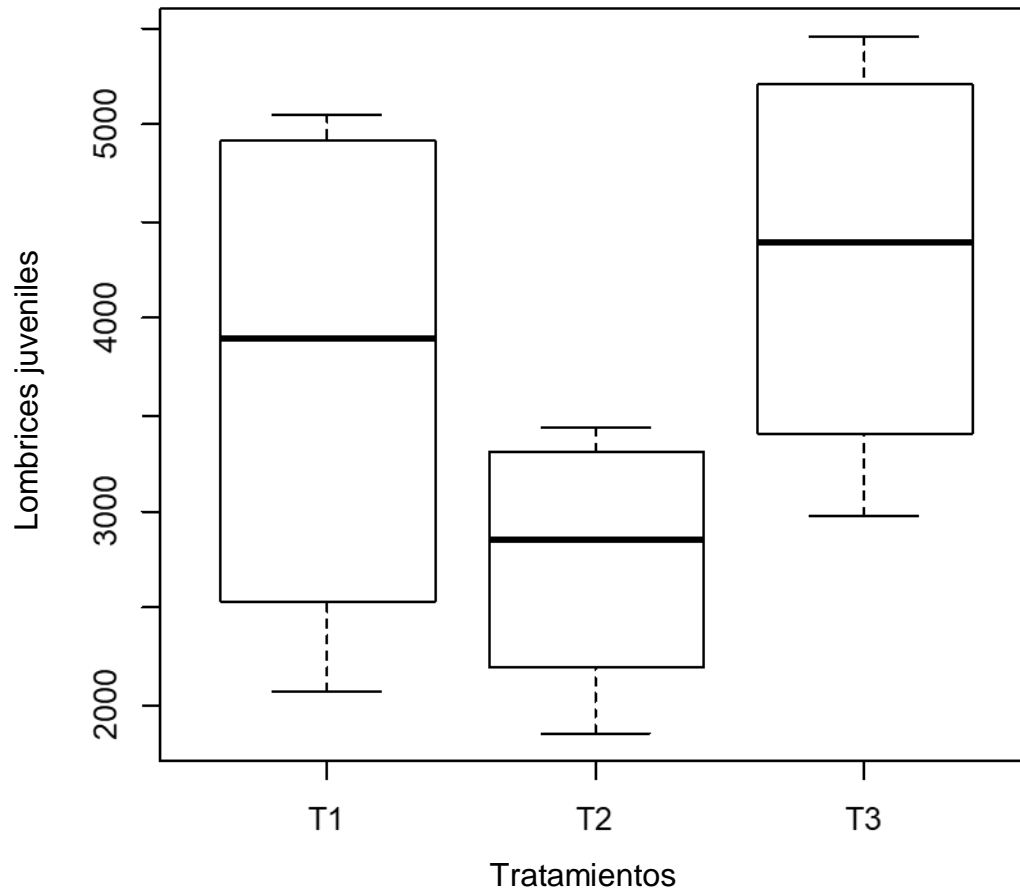


Figura 33: Boxplot de la población de lombrices juveniles.

El crecimiento de la población de lombrices juveniles presenta la misma tendencia que la categoría subadulta. T3 supera con una deferencia mínima a T1, mientras T2 queda por debajo del número de individuos alcanzados en los otros tratamientos.

Durán & Henríquez (2007), en su estudio de crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos con una población inicial de 600 lombrices, determinaron a los 90 días en el sustrato de residuos domésticos una población igual a 12 individuos juveniles, un valor muy inferior a lo registrado en la presente investigación.

4.2.4 Cocones

En la Tabla 18 se presenta los resultados del número de cocones en los tratamientos a 90 días de haber iniciado el estudio.

Tabla 18: Número de cocones por tratamiento.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	8100	11363	10434	8171
T2	8481	7433	7695	8767
T3	9386	11721	8767	11506

a. Análisis estadístico

En la Tabla 19 se presenta el resumen estadístico respecto al número de cocones a los 90 días, donde se aprecia que T1 presentó mayor dispersión en el conjunto de datos con un coeficiente de variación del 17,23%, que lo vuelve el tratamiento más impredecible, debido a que si se replicará muchas veces el experimento el valor de la media puede variar constantemente debido a que el conjunto de datos presenta una distribución más amplia.

Tabla 19: Resumen estadístico respecto al número de cocones en los tratamientos.

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar %
T1	9517	9302,5	1639,94	17,23	819,97
T2	8094	8088	632,14	7,81	316,07
T3	10345	10446	1488,97	14,39	744,48

En la Tabla 20 se exponen los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza ANOVA; donde se aprecia que no hay una diferencia marcada del número de cocones entre los tratamientos, debido a que $p = 0,1046$ y al ser $p > 0,05$ se determinó que los tratamientos son estadísticamente iguales.

Tabla 20: Análisis de varianza ANOVA del número de cocones en los tratamientos.

Fuentes de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p > F
Tratamientos:	2	10372260	5186130	2,9317	0,1046
Error:	9	15920880	1768987		
Total:	11	26293141			

En la Figura 34 se aprecia que las medianas son diferentes en cada tratamiento, debido a que el valor de la mediana de T3 es mayor respecto a la de T1, mientras que T2 presentó el valor de mediana más bajo. El tratamiento con mayor número de cocones es T3, el sesgo de su caja determina que es asimétrica negativa, al contrario, el sesgo presentado por T1 y T2 que determinan que son asimétricas positivas. El tratamiento con menor grado de dispersión es T2 debido a que sus valores están comprendidos dentro de una barra más pequeña.

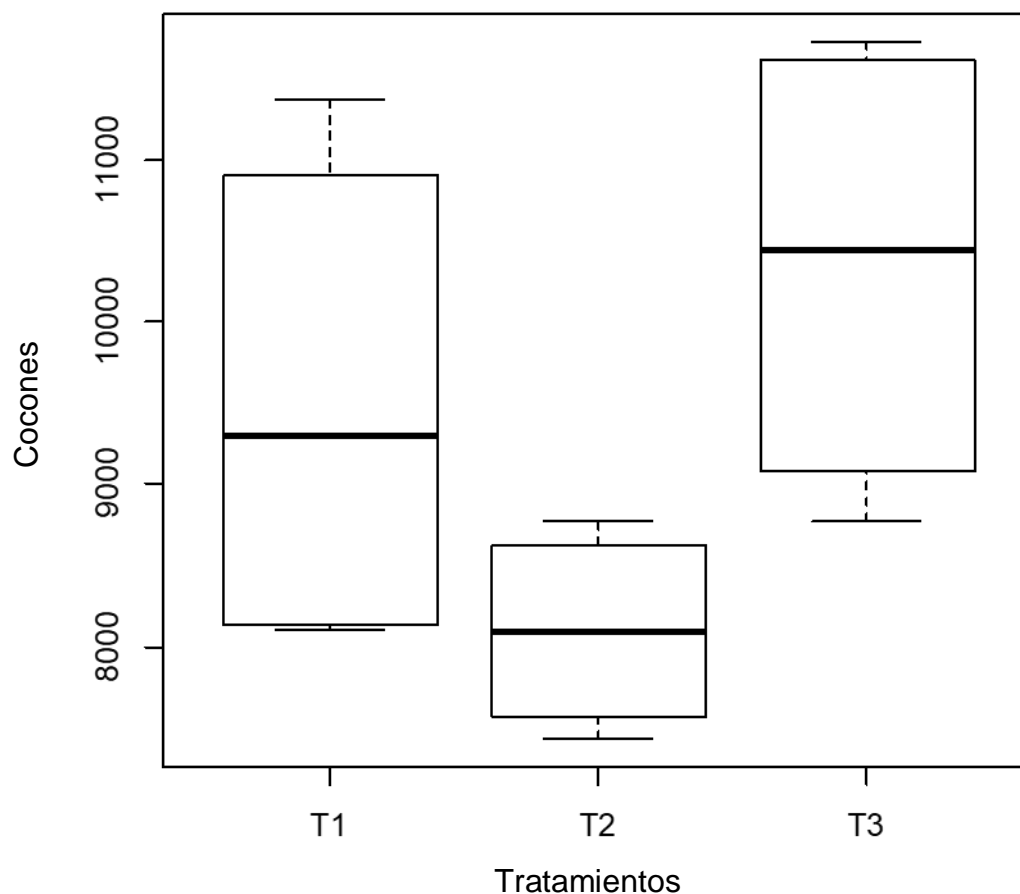


Figura 34: Boxplot del número de cocones en los tratamientos.

La eficiencia en cuanto a la producción de cocones es mayor en T3, manteniendo la tendencia de las demás categorías. Se ha comprobado que el nivel de aglomeración de las lombrices influye de manera negativa en las frecuencias de puestas, al grado que este factor es más esencial para el crecimiento de una población, que buscar una dieta en particular (Schuldt, Rumi, & Gregoric, 2005).

4.2.5 Número total de lombrices a 90 días de iniciado el estudio

En la Tabla 21 se presenta el total de individuos que es el resultado de la suma de lombrices adultas, subadultas y juveniles a los 90 días de iniciado el estudio, no se consideró el número de cocones debido a que estos constarían dentro de una población a futuro, además se determinó el porcentaje de la población final respecto a la inicial.

Tabla 21: Número de lombrices luego de 90 días del vermicompost con una población inicial de 649 individuos evaluados en tres tratamientos.

Tratamientos	Población final	Porcentaje de la población frente a la inicial
T1	5186	799,07%
T2	4222	650,53%
T3	6372	981,81%

En todos los tratamientos se observó una gran capacidad reproductiva de las lombrices; se determinó que los mejores resultados reportó T3 con un total de 6372 individuos, al tiempo que T1 registró 5186 individuos; Bollo (2009), indica que las lombrices requieren un sustrato con pH neutro; por su parte Tineo (1994) manifiesta que el mejor alimento para las lombrices es aquel que ha finalizado su fase de fermentación aeróbica. Por lo tanto para mejorar el proceso se debería compostar previamente los residuos orgánicos antes de utilizar en vermicompost considerando que el pH puede presentar condiciones acidas.

Respecto al porcentaje de lombrices registrado en T3 es posible relacionarlo con la menor cantidad de vermicompost obtenido en dicho tratamiento, que responde a una mayor demanda de residuos orgánicos por parte de las lombrices para su alimentación. Por otra parte, la reproducción de las lombrices puede estar ligado a la adaptación al medio, así como las condiciones de luz, pH, humedad y temperatura.

Durán & Henríquez (2007), en su estudio de la adición de 600 lombrices, reportaron a los 90 días una población total de 408 lombrices para residuos domésticos, una baja tasa que correspondería en mucho a la población inicial, así también determinaron que hubo una relación inversa con el aumento de peso de las lombrices en este sustrato.

4.3 Características químicas y microbiológicas del vermicompost.

4.3.1 Análisis bioquímicos del vermicompost

a. Macronutrientes

Los mejores resultados de macronutrientes respecto al contenido de nitrógeno y fósforo se obtuvieron en el tratamiento 1, que contó con aplicación microorganismos benéficos, donde el nitrógeno alcanzó una concentración de 1,5% mientras que el fósforo registró un valor de 0,7%.

Las mayores concentraciones de sodio y azufre corresponden al tratamiento 2 que contó con carga microbiana, donde el sodio alcanzo un valor de 0,5% mientras que el azufre obtuvo una concentración de 2,2%.

Los mayores niveles respecto al contenido de potasio y magnesio se registraron en el tratamiento 3 que corresponde al testigo. Conociendo que los dos macronutrientes alcanzaron una concentración de 2,2%. En tanto que las concentraciones de calcio se encuentran igualadas en los tratamientos 1 y 3 con un valor de 2,2%. En la Tabla 22 se aprecia la concentración de macronutrientes presentes en los tratamientos.

Tabla 22: Contenidos de macronutrientes en los tratamientos expresados en porcentaje.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Sodio	Magnesio	Azufre
T1	1,50	0,70	1,50	2,20	0,12	0,7	1,6
T2	1,30	0,62	1,90	1,90	0,5	1,7	2,2
T3	0,99	0,55	2,20	2,20	0,14	2,20	1,7

En la Figura 35 se presenta una gráfica de los valores que alcanzaron los macronutrientes de los tratamientos.

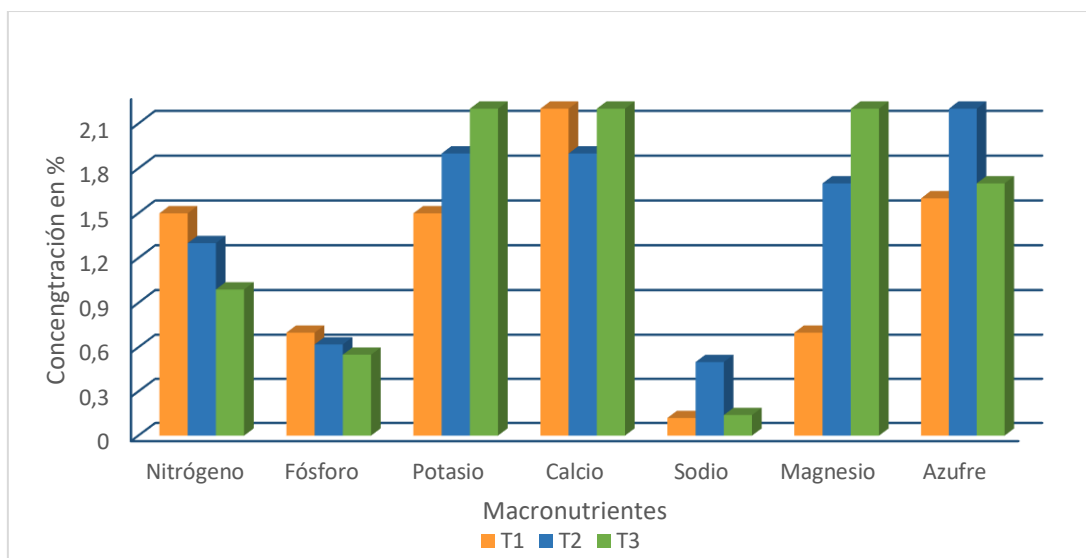


Figura 35: Contenido de macronutrientes.

Durán & Henríquez (2007), reportaron altos contenidos de calcio (5,6%), potasio (3,3%) y fósforo (1,7%), utilizando como sustrato residuos domésticos, los tratamientos no igualaron los resultados, pero se aproximan en el caso del potasio y fósforo, sin embargo, en cuanto a magnesio 0,6% se determinó que reportaron resultados inferiores, deduciéndose que el tratamiento con mayor concentración de magnesio fue el tercero. Por otro lado Castillo et al. (2000) reportó un contenido inferior de nitrógeno (0,57%), al tiempo que señala que el contenido de potasio registró una mayor concentración para los residuos de cocina, siendo esta diferencia hasta cinco veces mayor frente a otros sustratos.

b. Micronutrientes

Los mejores resultados del contenido de micronutrientes varían de un tratamiento a otro dependiendo del componente, es así que el tratamiento 1 obtuvo mayores niveles en cuanto al contenido de boro y magnesio que alcanzaron concentraciones de 9 ppm y 114 ppm respectivamente. Mientras el tratamiento 3 registró mayores concentraciones de hierro con un valor de 255 ppm y cobre con un valor de 5 ppm. Por último, el tratamiento 2 registró una concentración superior de zinc con un valor de 92 ppm. Por

lo tanto, se dedujo que en el caso del manganeso, el boro, y el zinc si existió una incidencia de la adición de microorganismos benéficos. En la Tabla 23 se aprecia las concentraciones de micronutrientes que presentaron los tratamientos.

Tabla 23: Contenidos de micronutrientes de los tratamientos expresados en partes por millón.

Tratamiento	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
T1	9	85	2	233	114
T2	7	92	4	214	95
T3	5	88	5	255	109

En la Figura 36 se expone los niveles de concentración que alcanzaron los micronutrientes de cada tratamiento.

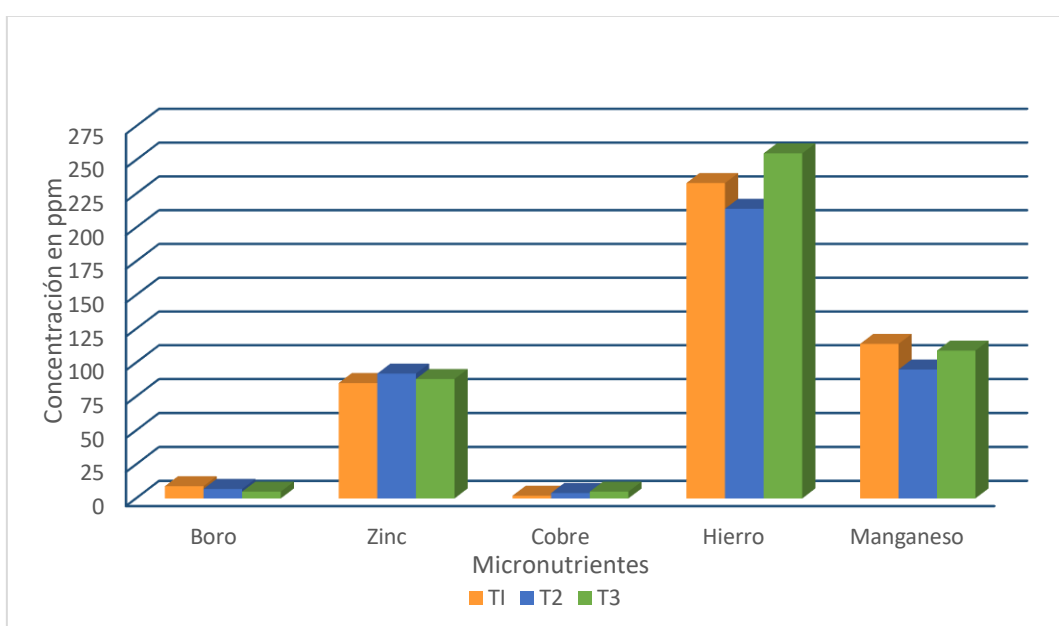


Figura 36: Contenido de micronutrientes.

(González, Rodríguez, Trejo, Sánchez, & García, 2013), reportó que el contenido de micronutrientes: B, Mn, Fe y Zn estuvo influenciada por la interacción O*R (origen del vermicompost * relación vermicompost: agua); su estudio registró bajos contenidos de micronutrientes (<1ppm) respecto a los resultados de los tratamientos, sus resultados fueron obtenidos a partir de la combinación de sustratos de estiércol de diferentes especies con pastos. Hay escasa información para estandarizar las concentraciones nutrimentales por la alta variabilidad de los materiales con que se hace el compost y vermicompost (Hargreaves, Adl, & Warman, 2009).

c. pH

Los resultados determinaron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos al encontrarse aproximados los valores de un tratamiento a otro y según la escala se

considera alcalinos a los tratamientos. Conforme a la norma mexicana (2008), establece que el nivel ideal de pH para un humus de lombriz debe estar en un rango de 5,5 a 8,5 por lo que todos los tratamiento cumplieron con la norma establecida. En la Tabla 24 se muestran los resultados respecto al pH que reportaron los tratamientos.

Tabla 24: Resultados de pH.

Tratamiento	pH
T1	7
T2	6,9
T3	6,8

En la Figura 37 se presenta el pH registrado en los tratamientos a 90 días del estudio.

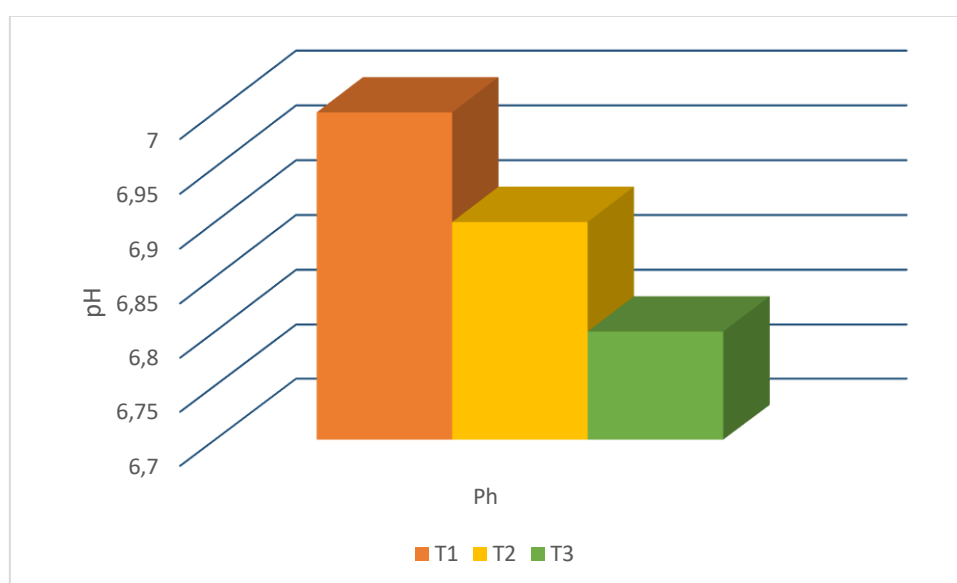


Figura 37: Análisis de pH.

Durán & Henríquez (2007), en su estudio con residuos domésticos obtuvieron un pH de 8,2 que en relación a los resultados de los tratamientos se encuentra en un nivel alto de alcalinidad. Guerrero (2013), indicó que obtuvo un pH de 7,7 utilizando restos de cocina que se acercan a los resultados obtenidos. Afirmando que todos los resultados en base a la escala de pH se encuentran en un medio alcalino favorable.

d. Materia orgánica (MO)

El tratamiento con mayor contenido de materia orgánica corresponde al tratamiento 2 que fue inoculado con microorganismos benéficos que reportó un valor de 55%, mientras que los resultados del tratamiento 1 y 3 igualaron a 42% su contenido.

Por lo que se dedujo que los microorganismos presentes en el tratamiento 1 consumieron mayor contenido de materia orgánica que los microorganismos del tratamiento 2, que a pesar de contar con carga microbiana estos metabolizaron la

materia de manera más lenta, mientras tanto el tratamiento 3 posee una carga microbiana que no fue incorporada que consiguió consumir la misma cantidad de materia orgánica que el tratamiento 1, concluyendo que en cuanto a eficiencia del proceso los mejores tratamientos son T1 y T3, mientras que respecto al contenido de materia orgánica el mejor tratamiento es T2 debido a que al utilizarse como nutriente o como enmienda ecológica se necesita mayores contenidos. En la Tabla 25 se exponen los resultados respecto a la concentración de materia orgánica de los tratamientos.

Tabla 25: Concentración de materia orgánica expresado en porcentaje.

Tratamiento	Materia orgánica
T1	42
T2	55
T3	42

En la Figura 38 se presenta los niveles de materia orgánica que alcanzaron los tratamientos a los 90 días de realizado el estudio.

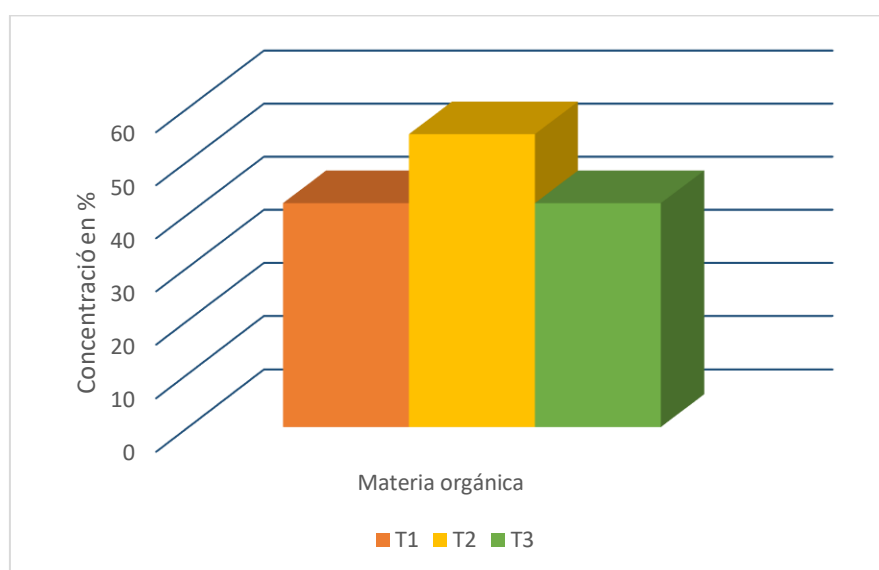


Figura 38: Contenido de materia orgánica.

Castillo et al. (2000), registró un contenido de materia orgánica obtenido a base de residuos domésticos muy por debajo de los resultados con un valor de 23,03%. Guerrero (2013), en su estudio registró un contenido de materia orgánica de 32% obtenido a partir de estiércol de ganado bovino, deduciendo que los residuos de origen doméstico tienen mejores rendimientos. Según la normativa mexicana (2008), el contenido de materia orgánica de vermicompost debe estar entre 20 y 40%, que al comparar con los resultados de los tratamientos se determinó que todos cumplen con la normativa. Durán & Henríquez (2007), obtuvieron vermicompost a partir de residuos domésticos con un

contenido de materia orgánica de 29% lo cual difiere significativamente de los resultados obtenidos en los tratamientos.

e. Relación (C/N)

Según los resultados se determina que hubo una mayor relación C/N en el tratamiento 3 correspondiente al testigo con un valor de 16, mientras que el tratamiento 1 alcanzó un valor de 14 y por último el tratamiento 2 reportó un valor de 12. La relación C/N indica el grado de madurez que posee el vermicompost, mientras más bajo sea el valor hay mayor madurez, de acuerdo a la norma mexicana (2008), el humus de lombriz debe cumplir con una relación C/N ≤ 20 , se aprecia que todos los tratamientos cumplen con la norma. Por lo tanto se deduce que la aplicación de microorganismos aceleró la degradación de la materia orgánica debido a que mientras más rápido se degrade menor será la relación C/N, determinando que el mejor tratamiento respecto a la relación C/N es el tratamiento 2. En la Tabla 26 se reportan los resultados respecto a la relación C/N de los tratamientos.

Tabla 26: Relación (C/N).

Tratamiento	Relación (C/N)
T1	14
T2	12
T3	16

En la Figura 39 se exponen los valores que alcanzaron la relación C/N de los tratamientos al final del estudio (90 días).

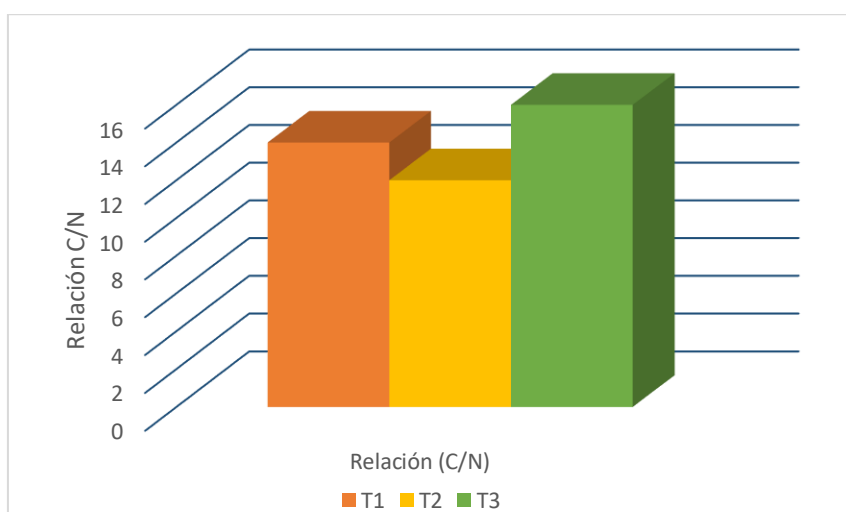


Figura 39: Relación (C/N).

Durán & Henríquez (2007), en su estudio determinaron una relación C/N de 5,6 utilizando como sustrato residuos domésticos lo cual refleja un nivel muy por debajo de

los tratamientos estudiados. Guerrero (2013), obtuvo en su estudio una relación C/N de 7,22 con un sustrato proveniente de estiércol bovino que difiere de los resultados obtenidos; por lo tanto, se dedujo que el nivel de C/N depende del tipo de sustrato utilizado para la producción de vermicompost.

f. Conductividad eléctrica

El tratamiento con mayor conductividad eléctrica fue el primero con un valor de 1,25 dS/m mientras que el tratamiento 2 reportó el menor contenido con un resultado de 1,11 dS/m, por último, el tratamiento 3 alcanzó un valor de 1,23 dS/m. La conductividad eléctrica es el indicador de la concentración de sales solubles presentes al final del tratamiento, mientras más alta es la conductividad eléctrica existe una menor absorción de nutrientes y desarrollo de las plantas. Por lo expuesto el mejor tratamiento en base a la conductividad eléctrica es el tratamiento 2 que obtuvo una menor conductividad eléctrica. En la Tabla 27 se muestran los resultados obtenidos respecto a la conductividad eléctrica de los tratamientos.

Tabla 27: Conductividad eléctrica.

Tratamientos	Conductividad eléctrica expresado en (dS/m)
T1	1,25
T2	1,11
T3	1,23

En la Figura 40 se presenta la conductividad eléctrica que obtuvieron los tratamientos a 90 días de haber iniciado el estudio.

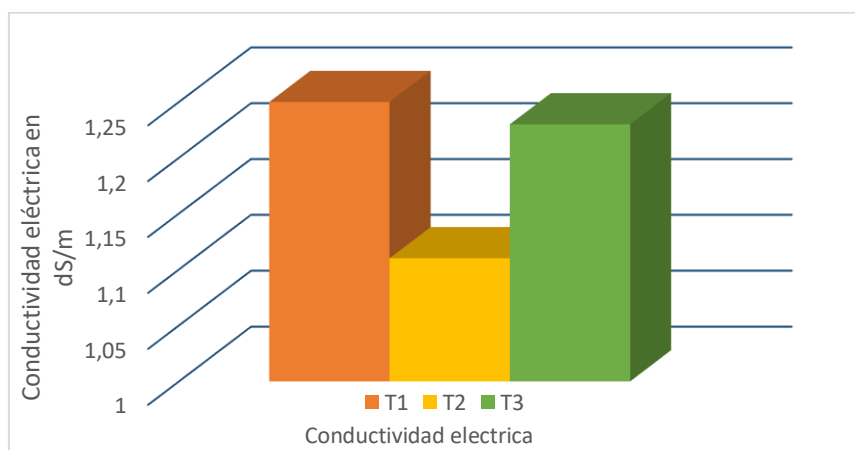


Figura 40: Conductividad eléctrica.

La norma mexicana (2008), establece que el valor de la conductividad eléctrica para vermicompost debe ser ≤ 4 dS/m, que al comparar con los resultados obtenidos se determinó que los tratamientos están dentro de la norma, evidenciando que poseen una

baja concentración de sales solubles. Confirmando que el humus de los tratamientos posee lo necesario para ser utilizado como nutriente para las plantas o como enmienda ecológica. Durán & Henríquez (2007), estudiaron cinco sustratos orgánicos, obteniendo un promedio de conductividad eléctrica de 0,8 dS/m. Guerrero (2013), obtuvo en un sustrato proveniente de estiércol bovino una conductividad de 1,64; por lo tanto se dedujo que el nivel de conductividad eléctrica varía en función del origen del sustrato utilizado.

4.3.2 Análisis microbiológico del vermicompost a 90 días del inicio del estudio

En la Tabla 28 se exponen los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos de los tratamientos.

Tabla 28: Concentración de microorganismos benéficos expresados en (Log UFC.g⁻¹)

Microorganismos	Tratamientos		
	T1	T2	T3
<i>Arthrobacter agilis</i>	0,999842575	1,8250753	0,77307655
<i>Azospirillum lipoferum</i>	0,939687225	2,895567075	0,903004593
<i>Azotobacter chroococcum</i>	1,430692575	2,4606745	0,908944575
<i>Bacillus amynoliquefaciens</i>	1,02782375	1,772943475	1,039786525
<i>Bacillus licheniformis</i>	0,7271613	1,580200575	1,1818422
<i>Bacillus megaterium</i>	1,98645795	1,9019735	1,487997218
<i>Bacillus subtilis</i>	1,0536086	2,186476025	1,42578368
<i>Cryptococcus sp.</i>	1,8962336	1,120698125	0,810722023
<i>Hanseniaspora sp.</i>	1,06465785	1,225362875	0,768250154
<i>Penicillium expansum</i>	1,56848725	2,739963025	1,23465381
<i>Pichia sp.</i>	0,6496582	3,2825123	1,051653793
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,244826725	3,583120975	0,776446513
<i>Rhodotorula sp.</i>	1,583408425	1,5500772	0,85948112
<i>Sporobolomyces sp.</i>	1,67543075	2,56432925	1,535339225
<i>Streptomyces sp.</i>	2,396754225	1,99552195	1,278786765
<i>Trichoderma lignorum</i>	2,583398756	2,075310463	1,546291744

En la Figura 41 se presentan los resultados respecto a la concentración que alcanzaron los microorganismos benéficos en los tratamientos.

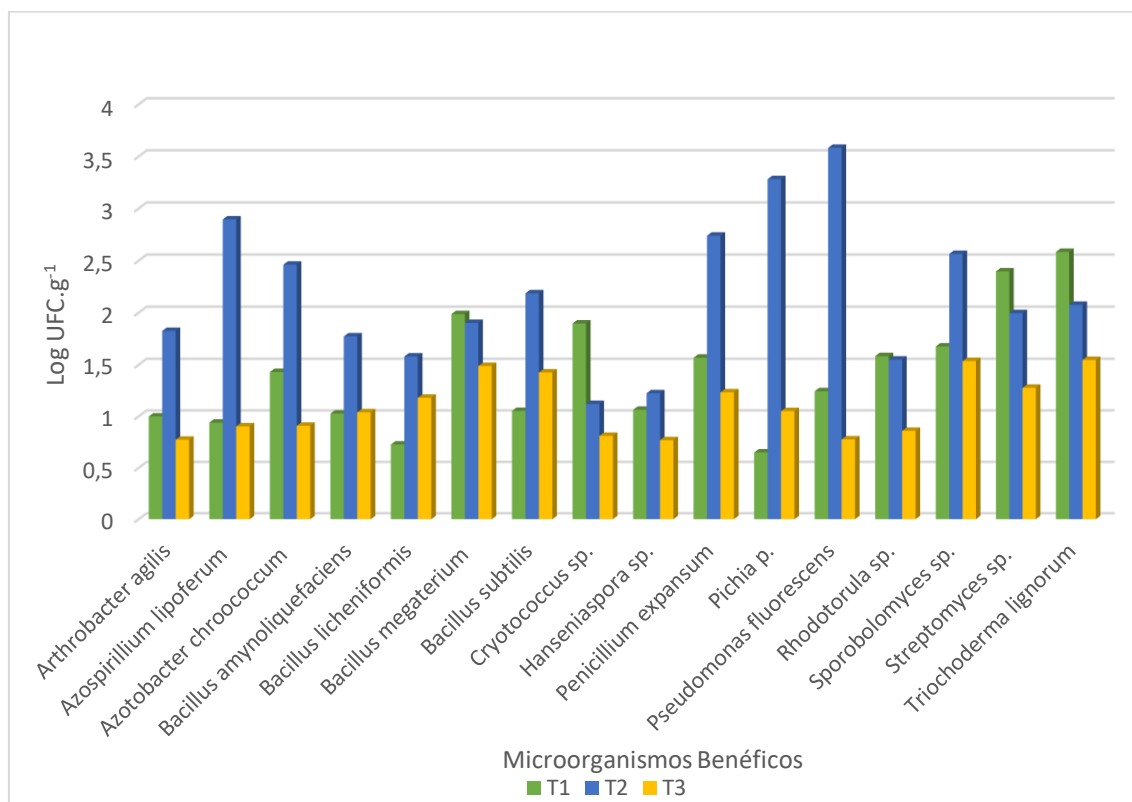


Figura 41: Concentración de microorganismos benéficos.

En los análisis microbiológicos de los tres tratamientos se determinó la presencia de *Arthrobacter agilis*, *Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus amynoliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Cryptococcus sp.*, *Hanseniaspora sp.*, *Penicillium expansum*, *Pichia sp.*, *Pseudomonas fluorescens*, *Rhodotorula sp.*, *Sporobolomyces sp.*, *Streptomyces sp.*, *Trichoderma lignorum*.

El tratamiento 2 registró mejores resultados en cuanto al número de microorganismos que alcanzaron mayores concentraciones de los tres tratamientos, conformado por los siguientes microorganismos: *Arthrobacter agilis* (1,8250753 log UFC.g⁻¹), *Azospirillum lipoferum* (2,895567075 log UFC.g⁻¹), *Azotobacter chroococcum* (2,4606745 log UFC.g⁻¹), *Bacillus amynoliquefaciens* (1,772943475 log UFC.g⁻¹), *Bacillus licheniformis* (1,580200575 log UFC.g⁻¹), *Bacillus subtilis* (2,186476025 log UFC.g⁻¹), *Hanseniaspora sp.* (1,225362875 log UFC.g⁻¹), *Penicillium expansum* (2,739963025 log UFC.g⁻¹), *Pichia sp.* (3,2825123 log UFC.g⁻¹), *Pseudomonas fluorescens* (3,583120975 log UFC.g⁻¹), *Sporobolomyces sp.* (2,56432925 log UFC.g⁻¹).

Mientras tanto el tratamiento 1 reportó mayores concentraciones de *Bacillus megaterium* (1,98645795 log UFC.g⁻¹), *Cryptococcus sp* (1,8962336 log UFC.g⁻¹), *Rhodotorula sp* (1,583408425 log UFC.g⁻¹), *Streptomyces sp* (2,396754225 log UFC.g⁻¹), *Trichoderma lignorum* (2,583398756 log UFC.g⁻¹).

Se determinó que existe una incidencia directa de la adición de microorganismos debido a que el tratamiento 1 y 2 alcanzaron altos niveles respecto al tratamiento 3 que corresponde al testigo que en todos los casos obtuvo niveles inferiores de carga microbiana.

Perez & Chamoro (2013), expresan que especies del género *Streptomyces* poseen gran importancia, por la producción de metabolitos secundarios, que cumplen además funciones particulares relacionadas con la interacción bacteria-planta-ambiente.

Las especies del género *Bacillus sp* es uno de los grupos más estudiados y de mayor uso como agente de biocontrol por la capacidad colonizadora en raíces y la capacidad efectiva de esporulación (Hassan, Osborn, & Hafeez, 2002).

Perez & Chamoro (2013), en su estudio reportaron que las cepas de las *Pseudomonas sp J4AJ* y *sp U3*, tienen una elevada capacidad para tolerar y degradar hidrocarburos como el diésel, así como también pueden producir compuestos semejantes a los biosurfactantes que son generados por la especie *Bacillus subtilis*.

De acuerdo con Hoyos (2012), las especies del género *Trichoderma sp*, son microorganismos beneficiosos, que actúan como un agente de control de hongos y nematodos fitopatógenos.

Las comunidades microbianas presentes en los procesos de degradación de residuos se ve beneficiada por factores como: niveles de temperatura, una alimentación equilibrada, presencia de oxígeno, pH, componentes energéticos de fácil solubilización y tamaño de partícula (Soto, 2003).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

El tratamiento que presentó una mayor tasa de transformación de residuos orgánicos a vermicompost fue T3 debido a que consiguió consumir mayor contenido de materia orgánica frente a los tratamientos T1 y T2 que fueron inoculados con microorganismos benéficos obtenidos a partir de la ruda (*Ruta graveolens*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) respectivamente.

Entre los tratamientos con aplicación de microorganismos benéficos; T2 consorcio microbiano benéfico obtenido a partir de la hierba luisa obtuvo un mayor consumo de materia orgánica frente a T1, consorcio microbiano benéfico obtenido a partir de la ruda.

Los tratamientos reportaron una excelente capacidad reproductiva debido a que iniciaron con 649 lombrices y luego de 90 días la población se incrementó en un 799%, 650% y 981% en T1, T2 y T3 respectivamente, que demuestran su alta capacidad de proliferación, y se define que T3 fue el mejor tratamiento.

A nivel de edades T3 fue el tratamiento con mayor población en todas las categorías; a su vez T2 registró un mayor número de lombrices adultas frente a T1; por otra parte T1 reportó un mayor número de individuos subadultas, juveniles y cocones en contraste con T2.

La adición de microorganismos benéficos registró un aumento en las concentraciones de macronutrientes entre los que destacan el nitrógeno, fósforo, sodio y azufre. Así mismo las concentraciones de micronutrientes como el manganeso, boro y zinc fueron superiores en los tratamientos con microorganismos.

La aplicación de consorcios microbianos benéficos reportó un aumento significativo en la concentración de microorganismos respecto al testigo. Destacando la presencia de microorganismos como *Pseudomonas sp*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, y *Trichoderma sp*.

Azuay es una provincia con una gran variedad de especies vegetales donde solo se ha estudiado la capacidad microbiana de un reducido número, lo cual lo convierte en un lugar con gran potencial para la investigación de nuevas especies que tengan efectos positivos en la degradación de residuos orgánicos.

Los consorcios microbianos aislados de dos especies vegetales (ruda y hierba luisa) de la provincia del Azuay incrementan la carga microbiana en el humus de lombriz, sin embargo no incidieron en la degradación de los residuos orgánicos.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

Evaluar el vermicompost obtenido a partir de residuos orgánicos domésticos con aplicación de microorganismos benéficos en la germinación de especies vegetales.

Comprobar la incidencia de los consorcios microbianos benéficos obtenidos a partir de otras especies vegetales en el proceso de vermicompost utilizando otros tipos de sustrato.

Realizar un análisis de la reproducción de lombrices con inoculación de consorcios microbianos obtenidos a partir de otras especies vegetales utilizando diferentes tipos de residuos como sustrato.

Identificar el consorcio microbiano benéfico, obtenido de la especie vegetal previo a la inoculación, que permita conocer los tipos de microorganismos benéficos, el nivel de concentración, pH, entre otros.

Evaluar la aplicación de los consorcios microbianos benéficos con una solución preparada a diferentes dosis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Almánzar, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica (Maestría) Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado. Turrialba–Costa Rica. Retrieved from http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3123/Microorganismos%20eficientes_de_montana.pdf;jsessionid=F6A6FF46B410C1738CFD700B3E00055C%0A?sequence=1
- Agüero, E. M. (2014). Lineamientos para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Frías, Santiago del Estero., 130. Retrieved from [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1543/Proyecto Integrador - Agüero Eugenia.pdf;sequence=1](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1543/Proyecto_Integrador_-_Agüero_Eugenia.pdf;sequence=1)
- Aira, M., & Domínguez, J. (2008). Optimizing vermicomposting of animal wastes: Effects of rate of manure application on carbón loss and microbial stabilization. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1525–1529. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.030>
- Alas, R. C., & Alvarenga, A. M. R. (2002). Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombríz (*Eisenia foetida*).
- Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry (*Fragaria sp.*) crop. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Alvarez, S. (2018). Lombricultura rústica como alternativa para el aprovechamiento de los desechos agropecuarios en los Ejidos Boquillas del Refugio y La Constancia, del municipio de Parras de la Fuente, Coahuila., 109. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43046/Mazari_egoz Alvarez Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43046/Mazari_egoz_Alvarez_Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andriuzzi, W. S. (2015). Ecological functions of earthworm in soil. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL.
- APNAN. (2003). Red de Agricultura natural de para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación. Retrieved from www.apnam.com
- Arevalo, C., & Muñoz, F. (2010). Evolución de las características de los residuos sólidos en el Cantón Cuenca., 1–55.
- Barbado, J. (2004). Cría de Lombrices. Su empresa de lombricultura. Albatros. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43046/Mazari_egoz Alvarez Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43046/Mazari_egoz_Alvarez_Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barbado, L. (2003). Cría de lombrices, lombricultura microemprendimientos., 128.
- Bejarano, E., & Delgadillo, S. (2007). Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes.
- Bhattacharyya, P.N Goswami, M.P Bhattacharyya, L. H. (2016). Perspective of beneficial microbes in agriculture under changing climatic scenario. *Journal of Phytology* 8, 26–41.

- Bollo, E. (2009). Lombricultura una alternativa de reciclaje., 149.
- Brito, M. (2003). Lombricultura, 1–18. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1624/3/13101281TT.pdf>
- Brooks, L. (2004). Desechos Sólidos Orgánicos, se aprovechan en la tecnología de la Lombricultura. Asociación Cubana de Producción Animal.
- Brown, G., & Doube, B. (2004). Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter and plants. Editorial Earthworm Ecology, 213–239.
- Cajal, A. (2018). Lombricultura en Ecuador: características, Provincias y negocio. Lifeder. Retrieved from <https://www.lifeder.com/lombricultura-ecuador/>
- Cajas, S. F. (2009). Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia foétida* (Lombriz Roja Californiana)., 73. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/17T1013.pdf>
- Calderín, A., Guridi, F., & Berbara, R. L. L. (2014). Effects of Humic Materials on Plant Metabolism and Agricultural Productivity. Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance: Biological Techniques, 1, 449–466. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800876-8.00018-7>
- Calvo, P., Meneses, L. R., & Dávila, D. Z. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. Ecología Aplicada, 7(12).
- Camiletti, J., & Moral, R. (2016). Estudios del vermicompostaje de compost de distinta naturaleza. Retrieved from http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM_Camiletti_Morales%2C_Justin.pdf
- Cano, C. N., & Salinas, N. (2006). Efecto de la aplicación del EM sobre la capacidad reproductiva de la lombriz *Esenia foetida* y la calidad del lombricompost., 40. Retrieved from http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/capacidad_reproductiva_de_lombriz.pdf
- Capistran, F., Aranda, E., & Romero, J. (1999). Manual de reciclaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología.
- Castaño, J. del R., & Serrano, E. (2013). Aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM, mediante la técnica del vermicompostaje.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., & Iglesias, M. C. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica, 60(1), 74–79. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072000000100008>
- Cerdas, C. (1996). Potencial de la lombriz/ Elementos básicos para su desarrollo. Lombricultura Técnica Mexicana, 27-30-31–34.
- Cheremisinoff, N. P. (2003). Handbook of solid waste management and waste minimization technologies. Elsevier science, Burlington, MA., USA. Retrieved from <https://sci-hub.tw/https://www.elsevier.com/books/handbook-of-solid-waste-management-and-waste-minimization-technologies/cheremisinoff/978-0-7506-7507-9>
- Cóndor, A. F., González Pérez, P., Lokare, C., & Lokare, C. (2013). Effective Microorganisms: Myth or reality. Revista Peruana de Biología, 14(2), 315–319.

<https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1837>

- Crespo, R., Romero, O., & Gonzales, M. (2012). Producción de humus de lombriz en Cuba, aplicaciones y resultados. Retrieved from <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/hfm.pdf>
- Dechaine, J., Ruan, H., Sanchez-De Leon, Y., & Zou, X. (2005). Correlation between earthworms and plant litter decomposition in a tropical wet forest of Puerto Rico. *Pedobiologia*, 49(6), 601–607. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.07.006>
- Devendra, N., Mahendra, R., Radha, P., & Anil Kumar, R. (2017). Isolation and Characterization of Plant Growth Promoting Endophytic Diazotrophic Bacteria from Wheat Genotypes and their Influence on Plant Growth Promotion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 1533–1540. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.188>
- Diver, S. (2001). Nature farming and Effective Microorganisms, Rhizosphere II. Resource Lists and Web Links from Steve Diver.
- Domínguez, J. (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. *Earthworm Ecology, Second Edition*, (April), 401–424. <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez, M. (2010). Vermicomposting: Earthworms enhance the work of Microbes. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-04043-6_5
- Domínguez, J., & Gómez, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 26(2), 309–320. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262896>
- Domínguez, M. (2013). Reciclaje de desechos orgánicos sólidos mediante vermicompostaje: Cambios microbianos en la comunidad a lo largo del proceso y uso del vermicompuesto como enmienda de suelo.
- Drake, H., & Horn, M. (2007). As the worm turns: the earthworm gut as a transient habitat for soil microbial biomes. *Annual Review of Microbiology*, 169–189.
- Durán, L., & Henriquez, C. (2007). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41–51. <https://doi.org/ISSN:0377-9424 / 2007>
- EARTH. (2008). Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganismo Organization Inc.), 16.
- Edwards, C., & Bohlen, P. (1996). Biology and ecology of earthworms, 3, 247–251.
- Edwards, C., Domínguez, J., & Neuhauser, E. (1998). Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Megascolecidae) as factors in organic waste management, *Bioi. Ferti.*, 155–161.
- Elvira, C., Dominguez, J., & Mato, S. (1996). The growth and reproduction of *Lumbricus rubellus* and *Dendrobaena rubida* in cow manure. Mixed cultures with *Eisenia andrei.*, 97 . 103. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/The-growth-and-reproduction-of-Lumbricus-rubellus-Elvira-Domínguez/be975a7071ed15e24156b42d2fd97367244ac27c>
- Escobar, A. (2013). Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz., 7–12. <https://doi.org/10.31819/9783964565518-toc>
- Esitken, A., Yildiz, H. E., Ercisli, S., Donmez, M. F., Turan, M., & Gunes, A. (2010).

- Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. *Scientia Horticulturae* 124, 62–66.
- Fajardo, V. (2002). Manual Agropecuario. In Limerín (Ed.) (1st ed., pp. 481–502). Bogotá.
- Fernández, A. (2005). La gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17(3), 35–39. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687013.pdf>
- Fernández, A., & Sánchez, M. (2007). Guía para la gestión integral de residuos sólidos. Retrieved from https://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral%0A_de_RSU.pdf
- Fernández, M. (2011). Aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valoración agronómica de residuos y desechos de cultivos de invernadero.
- Flores, D. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. (2001).
- Fuentes, J. L. (1987). La crianza de la lombriz roja californiana.
- García, E. (2015). Elaboración de un plan de gestión de residuos Sólidos para el laboratorio de suelos de la Facultad Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21103/1/TESIS.pdf>
- Garg, V. K., & Gupta, R. (2009). Vermicomposting of Agro-Industrial Processing Waste. *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation: Utilisation of Agro-Residues*, 431–456. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>
- González, K., Rodríguez, M. de las N., Trejo, L., Sánchez, J., & García, J. (2013). Propiedades químicas de tés de vermicompost., 901–911.
- Guerrero, J. (1993). Abonos orgánicos: tecnología para el manejo ecológico de suelos. *Red de Acción En Alternativas Al Uso de Agroquímicos*, 89.
- Guerrero, J. E. (2013). Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de *Eisenia Foetida* obtenido del contenido ruminal de bovino. Retrieved from [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12256/Eullogue Guerrero Jesus - B101503.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12256/Eullogue%20Guerrero%20Jesus%20-%20B101503.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gunadi, B., Blount, C., & Edwards, C. A. (2002). The growth and fecundity of *Eisenia foetida* (Savigny) in cattle solids pre composted for different periods, 23(3), 15–23. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031405604701183>
- Hargreaves, J. C., Adl, M. S., & Warman, P. R. (2009). Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(3), 390–397. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3456>
- Hassan, M. N., Osborn, A. M., & Hafeez, F. Y. (2002). Molecular and biochemical characterization of surfactin producing *Bacillus* species antagonistic to *Colletotrichum falcatum* went., (January).
- Hendrix, P. F., & Bohlen, P. J. (2006). Exotic Earthworm Invasions in North America: Ecological and Policy Implications. *BioScience*, 52(9), 801.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0801:eeiina\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0801:eeiina]2.0.co;2)

- Higa, T. (1993). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible., 14. Retrieved from <http://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/microorganismos-del-suelo-para-la-agricultura.pdf>
- Higa, T. (2002). Una revolución para salvar la Tierra. Emro Europe Branco. Tarragona. Retrieved from www.tierra.org/articulos/art00906.html.
- Hillel, D. (2008). Soil Biodiversity. *Routledge Handbook of Agricultural Biodiversity*, 127–144. <https://doi.org/10.4324/9781317753285-9>
- Hoyos, L. M. (2012). Enfermedades de plantas: control biológico. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá: Ecoe Ediciones.
- IBAM. (2006). Manual de gestión integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe. Brasil. Retrieved from www.idrc.ca
- ICAMEX. (2010). Manual para el establecimiento y manejo de instalaciones lombrícolas.
- IDIAF. (2009). Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.
- Irala, A. (2013). Efecto de tres dosis de humus de lombriz provenientes de residuos sólidos orgánicos urbanos en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) en la zona de Mallasa.
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de Residuos sólidos orgánicos en Colombia. Tesis en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Javaid, A., & Bajwa, R. (2011). Field evaluation of effective microorganisms (EM) application for growth, nodulation, and nutrition of mung bean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(4), 443–452. <https://doi.org/10.3906/tar-1001-599>
- Jouquet, P., Bottinelli, N., Podwojewski, P., Hallaire, V., & Tran Duc, T. (2008). Chemical and physical properties of earthworm casts as compared to bulk soil under a range of different land-use systems in Vietnam. *Geoderma*, 146(1–2), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.05.030>
- Komakech, A. J., Zurbrugg, C., Miito, G. J., Wanyama, J., & Vinnerås, B. (2016). Environmental impact from vermicomposting of organic waste in Kampala, Uganda. *Journal of Environmental Management*, 181, 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.028>
- La lombricultura en Ecuador. (2008). *Diario Hoy*. Retrieved from <http://www.bk/hoy.com.ec/>
- Laili, N., Radziah, O., & Zaharah, S. (2017). Isolation and characterization of plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR) and their effects on growth of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Bangladesh Journal of Botany*, 277–282.
- Lalander, C. H., Komakech, A. J., & Vinnerås, B. (2015). Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms - Kampala case study. *Waste Management*, 39, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.009>
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., & Domínguez, J. (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72(7), 1013–1019. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.016>
- Lopez, M. (2008). Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un

- cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical*, 391–401. Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000400008
- López, M. E., & Sainz, M. J. (2011). Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola. *Santiago de Compostela*, 201–214.
- Lopez, N. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete - Cordoba. <https://doi.org/10.1038/132817a0>
- Majlessi, M., Eslami, A., Najafi Saleh, H., Mirshafieean, S., & Babaii, S. (2012). Vermicomposting of food waste: Assessing the stability and maturity. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 9(25), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1735-2746-9-25>
- Martínez, C. (1996). Potencial de la Lombricultura. *Lombricultura Mexicana*.
- Martínez, L. G. (2004). Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), en pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos., 54. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/84773809.pdf>
- Mejía, P., & Andino, I. (2014). Propuesta de un Plan Integral para el manejo de los residuos sólidos del Cantón Tisaleo. Retrieved from http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3748/1/236T0117_UDCTFC.pdf
- Mendoza, L. (2008). Manual de Lombricultura. Retrieved from <https://www.yumpu.com/es/document/read/14512054/manual-de-lombricultura-cecytech/7>
- Microbiótica. (2014). EM y sus cinco grupos de Microorganismos Eficientes. Retrieved from <http://www.microbiotica.es/em-cinco-gruposmicroorganismos/>
- MINAM. (2011). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos, 1–6. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/corso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primary_Grado_6_Residuos_Solidos_Anexo4.pdf
- Mishra, J., Prakash, J., & Kumar-Arora, N. (2016). Role of Beneficial Soil Microbes in Sustainable Agriculture and Environmental Management. *Climate Change and Environmental Sustainability.*, 137–149.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). Compostaje. Mundi-Prensa. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=APuzwas6rrcC&pg=PA196&lpg=PA196&dq=densidad+de+poblacion+dominguez+1996&source=bl&ots=BRSvR6nvU5&sig=ACfU3U2pl_tBVgFxl8IZU5Yc0hBnl5fNuA&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjPn_WgJ_iAhWMhOAKHZJNAjAQ6AEwDHoECAgQAQ#v=onepage&q=den
- Muñoz, M. (2004). Propuesta de separación de residuos sólidos desde los hogares, con el municipio de Toluca, Mexico.
- Munroe, G. (2007). Manual of on farm vermicomposting and vermiculture. Organic agriculture centre of Canada., 56.
- Olle, M., & Williams, I. (2013). Effective microorganisms and their influence on vegetable production, 88(4), 380–386. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512979>
- OPS. (2005). Informe Regional sobre la evaluación de los servicios de manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe. Washington, EEUU.

- Pacha Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Universidad Tecnica de Ambato.
- Paco, G., Loza, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2), 24–39. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000200004&lang=en
- Parawira, W. (2009). Biogas technology in sub-Saharan Africa: Status, prospects and constraints. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 8(2), 187–200. <https://doi.org/10.1007/s11157-009-9148-0>
- Paredes, D. (2015). Influencia de la materia orgánica, utilizado en la producción de humus de lombriz, *Eisenia foetida*, en el vivero, Parque Zoológico Turístico Nacional Quistococha, Iquitos – Perú, 1–63. Retrieved from http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4477/lda_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 1(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R. S., Scavino, A. F., De Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., ... Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206
- Perez, A., & Chamoro, L. (2013). Bacterias endofitas: un nuevo campo de investigación para el desarrollo del sector agropecuario., 2(SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-16-2 / ISSN 1314-2704), 1–39. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4733045.pdf>
- Pineda, J. (2006). Lombricultura. Retrieved from <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/aa3947fa7e7b1775e4a2dc2261ead741.pdf>
- Pintado, P. del R. (2011). Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos que realiza la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca.
- Ponce, J. (2015). Proceso de producción del lixiviado de vermicompost., 43.
- PROEXANT. (2002). Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos. Retrieved from <http://www.proexant.org.cc/abonos.org>.
- Reines, M., Rodríguez, C., Sierra, A., & Vázquez, M. (1998). Lombrices de tierra con valor comercial, Biología y técnicas de cultivo. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=xkFMHsqQqVYC&pg=PA18&lpg=PA18&dq=Durante+la+copula+la+lombriz+se+ubica+en+sentido+contrario&source=bl&ots=Xx3ifNNG4G&sig=ACfU3U3LAylJVxSRdmqivUHitdLVhBpThA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiN5-3546PjAhUq0FkKHVbeBogQ6AEwCXoECA>
- Romero, E., Plaza, C., Senesi, N., Nogales, R., & Polo, A. (2006). Humic acid like fraction in raw and vermicomposted winery and distillery wastes.
- Ruiz, L., & Oca, C. (2008). Manual para el establecimiento y manejo de instalaciones lombrícolas.

- Saavedra, M. (2007). Biodegradación de Alperujo utilizando hongos del género *Pleurotus* y anélidos de la especie *Eisenia foetida* Granada. Universidad de Granada.
- Salvador, A. (2014). Puesta en funcionamiento de una explotación vermícola, 187. Retrieved from <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/129285>
- Schuldt, M. (2000). Lombricultura: teoría y práctica. Mundi-Prensa. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=gRU078M8nZYC&printsec=frontcover&dq=lombricultura+teoria+y+practica&hl=es&sa=X&ei=AwlZUqbqK8al2wX4-IH4Dw#v=onepage&q=lombricultura teoria y practica&f=false>
- Schuldt, M. (2004). Lombricultura facil.
- Schuldt, M. (2006). Lombricultura: teoría y práctica. Mundi-Prensa. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=gRU078M8nZYC&printsec=frontcover&dq=lombricultura+teoria+y+practica&hl=es&sa=X&ei=AwlZUqbqK8al2wX4-IH4Dw#v=onepage&q=lombricultura teoria y practica&f=false>
- Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L., & Mayo, J. (2007). Development and adaptation to diverse climatic conditions. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VIII. Retrieved from <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080720.pdf>.
- Schuldt, M., Rumi, A., & Gregoric, E. G. (2005). Determinación de edades (clases) en poblaciones de *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas, 1–10.
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (2008). Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. *Diario Oficial de La Federación*, 9. Retrieved from <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Singh, R. P., Embrandiri, A., Ibrahim, M. H., & Esa, N. (2011). Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(4), 423–434. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.005>
- SNI. (2013). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia San Bartolomé, cantón Sigsig.
- Soobhany, N., Mohee, R., & Garg, V. K. (2015). Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. *Ecological Engineering*, 84, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.08.003>
- Soto, M. G. (2003). Abonos orgánicos: definiciones y procesos en: abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. San José, Costa Rica., 20–49.
- Srinivasan, K., & Mathivanan, N. (2009). Biological control of sunflower necrosis virus disease with powder and liquid formulations of plant growth promoting microbial consortia under field conditions. *Biological Control*, 395–402.
- Sweeten, J. M., & Auvermann, B. W. (2008). Composting manure and sludge., 1–7. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600320>
- Tineo, A. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra. Retrieved from http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1029/Crianza_y_manejo_de_lombrices_de_tierra.pdf?sequence=1
- Toalombo, R. (2012). Evaluación de Microorganismos Eficientes autóctonos aplicados

- en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)., 5, 13–15. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>
- Trading, E. (2000). Effective Microorganisms (EM) from Sustainable Community Development, Effective Microorganisms.
- Uyaguari, E. (2012). Manejo de residuos vegetales de los mercados de Cuenca para la elaboración de abonos orgánicos. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3345/1/TESIS.pdf>
- Vadakattu, G. (2012). Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. Official Journal of the Australian Society for Microbiology INC 33, 113–115.
- Vargas Machuca, R. (2010). Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 1–12. Retrieved from <http://www.secsuelo.org/XIICongreso/Simposios/Microbiologia/Magistrales/4.RogelioNogales.Vermicompostaje.pdf>
- Vila, L. A. (2017). Implementación de manejo de residuos orgánicos en áreas verdes. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3010>
- Villegas, V. M., & Laines, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(2), 393. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2016). The nature and properties of soils, (April), 933. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition
- Zhao, S., & Fun-Zhen, H. (1992). Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field.
- Zhou, Q., Li, K., Jun, X., & Bo, L. (2009). Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. Bioresource Technology, 100(16), 3780–3786. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.037>

ANEXOS

Anexo 1: Peso de lombrices adultas adicionadas a las cajas.



Anexo 2: Distribución de las unidades experimentales.



Anexo 3: Residuos orgánicos adicionados.



Anexo 4: Residuos orgánicos en estado de descomposición.



Anexo 5: Conteo de individuos de las muestras de las unidades experimentales.



Anexo 6: Lombrices y cocones extraídos de las muestras.



Anexo 7: Peso de las muestras de vermicompost obtenido para los análisis.



Anexo 8: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 1.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	75%	7
31-mar-19	Ninguna	19°C	70%	7
7-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	75%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	70%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	60%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	18°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 9: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 2.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	85%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	75%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7,5
14-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	28°C	80%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	70%	7
19-may-19	Ninguna	16°C	80%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	16°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	80%	7

Anexo 10: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 3.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	100%	7,5
31-mar-19	Ninguna	18°C	75%	8,5
7-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	19°C	90%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	70%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	20°C	80%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	17°C	80%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	80%	7

Anexo 11: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 4.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	19°C	80%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	60%	7
7-abr-19	Ninguna	17°C	85%	7
14-abr-19	Ninguna	17°C	70%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	19°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	18°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	20°C	80%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 12: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 5.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	90%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	70%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
14-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	19°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	16°C	70%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	70%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	80%	7
9-jun-19	Ninguna	16°C	80%	7
16-jun-19	Ninguna	20°C	80%	7

Anexo 13: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 6.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	80%	7,4
31-mar-19	Ninguna	18°C	75%	8,5
7-abr-19	Ninguna	19°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	80%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	70%	7
26-may-19	Ninguna	20°C	80%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	80%	7

Anexo 14: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 7.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	19°C	80%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	80%	8,5
7-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	70%	7
5-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	70%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	20°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	16°C	70%	7

Anexo 15: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 8.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	70%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	75%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	70%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	70%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	20°C	80%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 16: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 9.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	80%	7
31-mar-19	Ninguna	18°C	70%	7
7-abr-19	Ninguna	19°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	20°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	70%	7
26-may-19	Ninguna	19°C	60%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 17: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 10.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	80%	7
31-mar-19	Ninguna	19°C	75%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	17°C	90%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	20°C	90%	7
12-may-19	Ninguna	20°C	70%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	18°C	70%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 18: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 11.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	19°C	80%	7
31-mar-19	Ninguna	19°C	80%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	90%	7
14-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	16°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	18°C	60%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 19: Registro de parámetros de temperatura humedad y pH de la caja 12.

Fecha	Observación	Temperatura	Humedad	pH
24-mar-19	Ninguna	20°C	70%	7
31-mar-19	Ninguna	19°C	75%	7
7-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
14-abr-19	Ninguna	19°C	80%	7
21-abr-19	Ninguna	16°C	80%	7
28-abr-19	Ninguna	18°C	80%	7
5-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
12-may-19	Ninguna	19°C	80%	7
19-may-19	Ninguna	17°C	60%	7
26-may-19	Ninguna	18°C	80%	7
2-jun-19	Ninguna	15°C	70%	7
9-jun-19	Ninguna	20°C	70%	7
16-jun-19	Ninguna	19°C	70%	7

Anexo 20: Registro del conteo de la muestra de lombrices adultas de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	52	47	39	49
T2	41	65	24	70
T3	40	64	68	79

Anexo 22: Registro del conteo de la muestra de lombrices juveniles de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	201	212	87	126
T2	78	106	134	144
T3	125	161	229	208

Anexo 21: Registro del conteo de la muestra de lombrices subadultas de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	11	23	8	18
T2	9	19	7	12
T3	10	28	36	22

Anexo 23: Registro del conteo de la muestra de cocones de las unidades experimentales a 90 días del inicio del estudio.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	340	477	438	343
T2	356	312	323	368
T3	394	492	368	483

Anexo 24: Resultados análisis bioquímicos de los tratamientos.

DATOS DE IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROPIETARIO O REMITENTE:	Sr. Yhinson Valarezo
CODIGO DE CUENTE:	JV
ORIGEN:	Prov. del Azuay
TELF:	
E-MAIL:	yhinsonbala@gmail.com
SUSTRATO DE ANALISIS:	vermicompost
TIPO DE ANALISIS:	ANALISIS QUIMICO COMPOST SOLIDO
FUENTE:	VARIAS
FASE DE PRODUCCION:	FINAL

FECHA DE MUESTREO:	21.05.2019
FECHA DE INGRESO:	psl 1038
ORDEN DE TRABAJO No.:	01/06/2019
FECHA DE INFORME LAB.:	376



**Plantsphere
Laboratories**

BELLAVISTA DE CARRETAS
CALLE N75B Y N6
TELF: 6023531 - 0999796977

E-MAIL: PLANTSHERELABS@BIOSOFTWARE.DE
WWW.BDKLEU
QUITO - ECUADOR

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO BIOQUIMICO DE ABONOS ORGANICOS


Identificación	No. Lab.	pH	C.Eléc. mSiem/cm	N.Total %	M.O %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	S %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm	C/N
TRATAMIENTO 1	psl 1038-a	7,00	12,5	1,50	42	0,70	1,50	2,2	0,7	0,12	1,6	233	2	114	85	9	14,00
TRATAMIENTO 2	psl 1038-b	6,99	11,1	1,30	55	0,62	1,90	1,1	1,7	0,5	2,2	214	4	95	92	7	12,00
TESTIGO	Testigo	6,80	12,3	0,99	42	0,55	2,20	2,2	2,2	0,14	1,7	255	5	109	88	5	16,00

ITEMS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TESTIGO
Ácidos Humicos:	4-6%	3 - 5%	1-2%
Actividad Biológica Global (ABG):	5 ug/ml	5 ug/ml	1 ug/ml
Molezas:	ausentes	ausentes	ausentes
Nematodos:	ausentes	ausentes	ausentes
Presentación:	granulos 1.4 mm	granulos 1.2 mm	
Densidad:	0.55	0.57	0.62

ESTABILIDAD	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TESTIGO
Temperatura	Estable	Estable	Estable
COLOR	Marrón	Marrón	Marrón
OLOR	Sin olor	Sin olor	Sin olor
No. Termofilos	drececiente	drececiente	drececiente
RESPIRACION	< 10 mg g	< 8 mg g	< 10 mg g
DQO	< 700 mg ps	< 800 mg ps	< 450 mg ps
ATP	estable	estable	estable
ACTIVIDAD ENZIMAS	incrementa estable	incrementa estable	incrementa estable
HIDROSOLUBLES			
POLISACARIDOS	< 30 mg gluc g	< 25 mg gluc g	< 30 mg gluc g
REDUCCION DE AZUCARES	30%	45%	23%

CARLOS FALCONI BORJA PHD
PLANTSHERE LABS
www.bdkleu
arfalconi-labs@biosoftware.de
0999796977-0988087234-023460158

Anexo 25: Resultados análisis microbiológicos de los tratamientos.

							
Orden de trabajo: PSL 1038 Remitente: Jinsop Valarezo Fecha de ingreso: 21.05.2015 Fecha de laboratorio: 01.06.2019		PSL 1038 BIOGRAMA MICROBIANO CATALITICO BMC					
MICROORGANISMOS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TESTIGO	CARACTERISTICAS BIOCATALITICAS			
<i>Arthrobacter agilis</i>	0,999842575	1,8250753	0,77307655	formacion de biopolimeros y coloides de suelo, activo con altas concentraciones de materia organica, sensible a pH altos			
<i>Azospirillum lipoferum</i>	0,939687225	2,895567075	0,903004593	actividad nitrogenasa alta actividad de secuentracion de N atmosferico sensible a las concentraciones de nitratos, nitritos			
<i>Azotobacter chroococcum</i>	1,430692575	2,4606745	0,908944575	secuentrante de N atmosferico, alta capacidad de adaptacion frente a rangos amplios de pH			
<i>Bacillus amynoliquefaciens</i>	1,02782375	1,772943475	1,039786525	eficiente y producente de sustancias antimicrobianas, fungales como microbianas. Alta capacidad de colonizacion en el sustrato.			
<i>Bacillus licheniformis</i>	0,7271613	1,580200575	1,1818422	eficiente y desdoblados de materia organica, permanece el remanente de lignina, celulosa, catalizador de lignosulfanos q son quelatantes minerales.			
<i>Bacillus megaterium</i>	1,98645795	1,9019735	1,487997218	produce altas concentraciones de sustancias antibioticas tipo AIA estimulantes del sistema radicular vegetal.			
<i>Bacillus subtilis</i>	1,0536086	2,186476025	1,42578368	complejo bacteriano productor de antibioticos del tipo iturina, antibioticos de amplio espectro, son redireccionadores del mapa trofobiotico microbiano.			
<i>Cytotococcus sp.</i>	1,8962336	1,120698125	0,810722023	levadura que aporta con carbohidratos utiles tanto para las plantas como para las comunidades microbianas			
<i>Hanseniaspora sp.</i>	1,06465785	1,225362875	0,768250154	levadura biocatalitica de acidos humicos y fulvicos, altamente dependiente de los acidos organicos que se forman en el proceso de compostaje			
<i>Penicillium expansum</i>	1,56848725	2,739963025	1,23465381	desdoblador de materia organica, colonizador tipo k en los contenidos organicos del sustrato			
<i>Pichia p.</i>	0,6496582	3,2825123	1,051653793	sensor biocatalitico de pH del sustrato por medio de la formacion de acidos organicos			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,244826725	3,583120975	0,776446513	en principio biocatalizador de materia organica, paralelamente activa procesos de formacion de quelatos sideroforicos			
<i>Rhodotorula sp.</i>	1,583408425	1,5500772	0,85948112	levaduras cuyos metabolitos dan el soporte bioquimico para la formacion de la estructura del mapa trofobiotico			
<i>Sporobolomyces sp.</i>	1,67543075	2,56432925	1,535339225	levadura q porta el componente nutricional energetico de plantas y microorganismos			
<i>Streptomyces sp.</i>	2,396754225	1,99552195	1,278786765	aporta con sustancias antibioticas altamente eficientes, importante en procesos de espacialidad del esquema trofobiotico			
<i>Triochoderma lignorum</i>	2,583398756	2,075310463	1,546291744	desdoblador de materia organica, colonizador tipo r en los contenidos organicos del sustrato			



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

Yo, **Jinsop Oswaldo Balarezo Córdova** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0705983351. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Obtención de vermicompost con aplicación de microorganismos benéficos, utilizando residuos orgánicos domésticos”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 5 de agosto de 2019

F:
Jinsop Oswaldo Balarezo Córdova
C.I. 0705983351