



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS CON
ESTIÉRCOL VACUNO PARA LA PRODUCCIÓN DE
VERMICOMPOST EN LA PARROQUIA TARQUI (CUENCA).**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: IVÁN ALEJANDRO JARA ABAD

DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ÁLVAREZ VERA PH.D.

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS CON
ESTIÉRCOL VACUNO PARA LA PRODUCCIÓN DE
VERMICOMPOST EN LA PARROQUIA TARQUI (CUENCA).**

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

AUTOR: IVÁN ALEJANDRO JARA ABAD

DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ÁLVAREZ VERA PH.D.

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUDITORÍA Y RESPONSABILIDAD

Iván Alejandro Jara Abad portador de la cédula de ciudadanía N° **010582966**. Declaro ser el autor de la obra: **“EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS CON ESTIÉRCOL VACUNO PARA LA PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST EN LA PARROQUIA TARQUI (CUENCA)”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **20 de diciembre de 2021**



F:

Iván Alejandro Jara Abad
0105829766

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Iván Alejandro Jara Abad, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. S. Álvarez Vera', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to its cursive nature.

Ing. Manuel Salvador Álvarez Vera Ph.D.

DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia, mi hermana y mi hermano por su apoyo, quienes son mi orgullo y mis mejores amigos, pues del árbol que nacimos, así nuestras ramas vayan en distintos sentidos son nuestras raíces las que siempre nos mantendrán unidos.

A mi madre, por velar mis sueños y modelar mi corazón entregándome siempre su comprensión y amor, a mi padre a quien admiro y vivo orgulloso todos los días del profesional que es y de su persona, pues no hay mejores héroes que los padres que luchan todos los días por su familia, a estos seres quienes son lo más importante en mi vida y lo que más amo, les dedico este proyecto.

A quienes ya no me acompañan en cuerpo presente, pero permanecen vivos en mi mente y en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por demostrarme que no andamos por la vida solos, por todas las veces que me ayudó a levantarme para salir adelante, mostrándose siempre en los actos y personas que nos rodean.

Gracias a mi familia por ser la fuerza que necesitaba, por siempre entregarme su amor incondicional, a mis tíos, primos, que me han motivado siempre, y de manera especial a mi tía Cecilia, quien me ha ayudado espiritualmente encontrando mi paz interior, cualidad tan necesaria en esta etapa de mi vida.

A mis maestros y a mi director de tesis, quienes han sido parte de mi preparación y dedicación en mi vida estudiantil hasta la obtención de mi título, quienes con sus enseñanzas han reforzado los valores de ética y moral que hay en mi persona.

Que esta meta sea uno de los tantos proyectos por venir en mi vida profesional, con la bendición de dios.

¡GRACIAS!

RESUMEN

En la presente investigación se obtuvo vermicompost con el efecto de microorganismos benéficos a partir de residuos sólidos orgánicos, con el fin de incentivar el cuidado del medio ambiente. El vermicompost es un producto rápido y práctico que mejora las características químicas, físicas y biológicas del suelo. El objetivo fue evaluar la incidencia de microorganismos benéficos en la calidad de vermicompost de residuos orgánicos domiciliarios más estiércol vacuno, experimentando en 2 tratamientos con 4 repeticiones, el primer tratamiento sin microorganismos y el segundo con microorganismos, una vez obtenido el vermicompost, se recolectó una muestra total de 500 gr. de ambos tratamientos para determinar su calidad mediante un análisis de laboratorio, los resultados demostraron una mayor concentración de nutrientes en el segundo tratamiento debido a la existencia de microorganismos benéficos como; *Pseudomonas*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, *Aspergillus* *Arthobacter sp*, *Actinomyces sp* y *Trichodermas*, también contienen una alta población de *Micorrizas* y *Rhizobium*, (fijadoras de nitrógeno y estimulan el crecimiento de las plantas), por tanto, el tratamiento 2 resultó ser en este caso un producto de mejor calidad y con mayor porcentaje de nutrientes.

Palabras clave: vermicompost, residuos sólidos orgánicos, estiércol vacuno, microorganismos benéficos, lombriz californiana (*Eisenia foetida*)

ABSTRACT

In this research, vermicompost with the effect of beneficial microorganisms was obtained from organic solid wastes, to encourage environmental preservation. The aim was to evaluate the incidence of beneficial microorganisms upon the quality of vermicompost from household organic waste plus cow manure, experimenting in two treatments with four replicates, the first treatment without microorganisms and the second with microorganisms. The results showed a higher concentration of nutrients in the second treatment due to the existence of beneficial microorganisms such as; *Pseudomonas*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, *Aspergillus*, *Arthobactersp*, *Actinomycessp*, and *Trichoderma*, also containing a high population of *Mycorrhizae* and *Rhizobium*, (nitrogen fixers and stimulate plant growth), therefore, treatment 2 proved to be in this case a product of better quality and with a higher percentage of nutrients.

Keywords: vermicompost, organic solid wastes, cattle manure, beneficial microorganisms, californian earthworm (*Eisenia foetida*)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUDITORÍA Y RESPONSABILIDAD	
CERTIFICACIÓN	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	ivi
ABSTRAC	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	iiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. PROBLEMA	- 2 -
1.2. ANTECEDENTES	- 3 -
1.3. JUSTIFICACIÓN	- 3 -
1.4. OBJETIVOS	- 4 -
1.4.1. Objetivo general	- 4 -
1.4.2. Objetivos específicos	- 4 -
CAPÍTULO II	- 5 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 5 -
2.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN AMÉRICA LATINA.....	- 5 -
2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL ECUADOR	- 5 -
2.3 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS	- 6 -
2.4 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	- 7 -
2.4.1 Definición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios	- 7 -
2.4.2 Clasificación según la fuente	- 8 -
2.4.3 Clasificación según su naturaleza y/o característica física:.....	- 9 -
2.4.4 Reciclaje de residuos sólidos orgánicos	- 10 -
2.4.5 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos	- 10 -
2.5 GANADO VACUNO EN LA CIUDAD DE CUENCA (PARROQUIA TARQUI).....	- 11 -
2.6 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LA PARROQUIA TARQUI	- 12 -
2.6.1 Uso y cobertura de suelo	- 12 -
2.6.2 Clima	- 12 -
2.6.3 Precipitación	- 12 -
2.6.4 Temperatura	- 12 -
2.7 ESTIÉRCOL VACUNO	- 13 -
2.7.1 Definición.....	- 13 -
2.7.2 Características.....	- 13 -
2.7.3 Impacto ambiental	- 13 -
2.8 MICROORGANISMOS BENÉFICOS	- 14 -
2.8.1 Definición.....	- 14 -
2.8.2 Propiedades de los microorganismos	- 14 -
2.8.3 Medios de cultivo	- 15 -
2.8.4 Características.....	- 15 -
2.8.5 Tipos de microorganismos benéficos.....	- 16 -
2.8.6 Beneficios.....	- 18 -
2.9 VERMICOMPOST	- 19 -
2.9.1 Definición.....	- 19 -

2.9.2	Lombriz californiana (<i>Eisenia foetida</i>) y sus características	- 19 -
2.9.3	Condiciones para el desarrollo de las lombrices	- 20 -
2.9.4	Ciclo de vida	- 21 -
2.9.5	El vermicompost en la actualidad y su evolución	- 21 -
2.9.6	Sistema para la producción de vermicompost.....	- 22 -
2.9.7	Beneficios del vermicompost	- 23 -
CAPÍTULO III		- 25 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 25 -
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO	- 25 -
3.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 25 -
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	- 26 -
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	- 26 -
3.5	TRATAMIENTOS	- 27 -
3.6	DELINEAMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	- 28 -
3.7	OBTENCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS.....	- 28 -
3.8	COMPONENTES PARA LA ACTIVACIÓN DEL CONSORCIO MICROBIANO.....	- 28 -
3.9	ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS.....	- 29 -
3.10	PROCESO DE INMOVILIZACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS.....	- 29 -
3.11	ADECUACIÓN DEL SITIO EN QUE SE DESARROLLÓ EL ESTUDIO EXPERIMENTAL.....	- 30 -
3.12	RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS.....	- 31 -
3.13	OBTENCIÓN DE ESTIÉRCOL VACUNO	- 31 -
3.14	LOMBRIZ (<i>EISENIA FOETIDA</i>).....	- 32 -
3.15	PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES (CAJAS).....	- 32 -
3.16	INCORPORACIÓN DE SUSTRATOS A LOS TRATAMIENTOS	- 33 -
3.17	PROCEDIMIENTO TÉCNICO REALIZADO PARA LA OBTENCIÓN DE VERMICOMPOST	- 34 -
3.18	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAJAS.....	- 35 -
3.19	INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS	- 35 -
3.20	CONTROL DE HUMEDAD EN EL PROCESO DE VERMICOMPOST	- 36 -
3.21	RECOLECCIÓN DE HUMUS	- 36 -
3.22	OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO.....	- 37 -
CAPÍTULO IV		- 39 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 39 -
4.1	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	- 39 -
4.1.1	Análisis estadístico químico.....	- 39 -
4.2	DETERMINACIÓN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	- 51 -
4.2.1	Análisis estadístico físico.....	- 51 -
4.3	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	- 53 -
4.3.1	Identificación de los microorganismos presentes en el estudio experimental	- 53 -
4.3.2	Características de los microorganismos presentes en los tratamientos.....	- 54 -
4.3.3	Análisis biológico de los microorganismos benéficos.....	- 57 -
4.3.4	Evaluación de la concentración del número de lombrices presentes en los tratamientos	- 57 -
CAPÍTULO V		- 59 -

5. CONCLUSIONES	- 59 -
CAPÍTULO VI.....	- 60 -
6. RECOMENDACIONES	- 60 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 61 -
ANEXOS	- 70 -
Anexo 1: Materiales para el estudio experimental.....	- 70 -
Anexo 2: Sitio para el estudio experimental.	- 70 -
Anexo 3: Unidades experimentales.....	- 70 -
Anexo 4: Adición de residuos orgánicos domiciliarios.....	- 70 -
Anexo 5: Estiércol vacuno.....	- 70 -
Anexo 6: Lombriz californiana.....	- 71 -
Anexo 7: Peso de lombriz.	- 71 -
Anexo 8: Elementos para la activación de microorganismos benéficos.....	- 71 -
Anexo 9: Inmovilización de microorganismos.	- 71 -
Anexo 10: Materia prima para suministro.....	- 72 -
Anexo 11: Peso de estiércol vacuno.	- 72 -
Anexo 12: Control de humedad.....	- 72 -
Anexo 13: Riego de estiércol vacuno.....	- 72 -
Anexo 14: Riego de materia orgánica.....	- 72 -
Anexo 15: Peso y riego de materia orgánica.....	- 72 -
Anexo 16: Proceso de descomposición de sustratos.....	- 73 -
Anexo 17: Recolección de lixiviado.....	- 73 -
Anexo 18: Lombrices adultas registradas.....	- 73 -
Anexo 19: Cosecha de lombrices.....	- 73 -
Anexo 20: Cosecha de vermicompost.....	- 73 -
Anexo 21: Vermicompost obtenido.	- 73 -
Anexo 22: Resultados de los análisis químicos obtenidos de los tratamientos.....	- 74 -
Anexo 23: Resultados de los análisis físicos obtenidos de los tratamientos.....	- 75 -
Anexo 24: Resultados de los análisis biológicos obtenidos de los tratamientos	- 76 -
Anexo 25: Características de los microorganismos identificados en los tratamientos.	- 77 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tasa de generación de residuos sólidos domésticos .	- 8 -
Figura 2: Morfología de una lombriz.	- 20 -
Figura 3: Vista dorsal de la estructura interna de la lombriz de tierra.	- 23 -
Figura 4: Ubicación de la zona de estudio.	- 25 -
Figura 5: Esquema del diseño experimental.	- 27 -
Figura 6: Elementos para la activación del consorcio microbiano.	- 29 -
Figura 7: Líquido obtenido de la mezcla con los elementos.	- 29 -
Figura 8: Estado de inmovilización de los microorganismos benéficos.	- 30 -
Figura 9: Presencia de consorcio microbiano.	- 30 -
Figura 10: Sitio determinado para el desarrollo de vermicompost.	- 31 -
Figura 11: Residuos orgánicos domiciliarios recolectados.	- 31 -
Figura 12: Estiércol vacuno recolectado.	- 32 -
Figura 13: Lombrices californianas (<i>Eisenia foetida</i>) recolectadas.	- 32 -
Figura 14: Recipientes (cajas) utilizados.	- 33 -
Figura 15: Recipiente preparado para su uso.	- 33 -
Figura 16: Identificación de los recipientes.	- 33 -
Figura 17: Lombrices californianas (<i>Eisenia foetida</i>) colocadas.	- 34 -
Figura 18: Estiércol vacuno depositado.	- 34 -
Figura 19: Materia orgánica depositada.	- 34 -
Figura 20: Recipientes (cajas) distribuidos en el sitio del estudio experimental.	- 35 -
Figura 21: Microorganismos con afrechillo de trigo.	- 36 -
Figura 22: Control de humedad.	- 36 -
Figura 23: Cosecha de lombrices.	- 37 -
Figura 24: Registro de peso de humus.	- 37 -
Figura 25: Vermicompost obtenido.	- 37 -
Figura 26: Muestras de vermicompost para su análisis.	- 38 -
Figura 27: Comparación de los resultados del análisis del pH.	- 40 -
Figura 28: Comparación de los resultados del análisis de la C.E.	- 41 -
Figura 29: Comparación de los resultados del análisis de la relación C/N.	- 42 -
Figura 30: Comparación de los resultados del análisis del carbono orgánico.	- 43 -
Figura 31: Comparación de los resultados del análisis del calcio.	- 44 -
Figura 32: Comparación de los resultados del análisis del magnesio.	- 45 -
Figura 33: Comparación de los resultados del análisis del azufre.	- 46 -
Figura 34: Comparación de los resultados del análisis del sodio.	- 47 -
Figura 35: Comparación de los resultados del análisis de materia orgánica.	- 48 -
Figura 36: Comparación de los resultados del análisis de los ácidos fúlvicos y húmicos.	- 49 -
Figura 37: Comparación de los resultados del análisis de macronutrientes.	- 50 -
Figura 38: Comparación de los resultados del análisis del hierro y manganeso.	- 51 -
Figura 39: Comparación de las características físicas del vermicompost.	- 52 -
Figura 40: Comparación de la concentración de microorganismos en los tratamientos.	- 54 -
Figura 41: Concentración de microorganismos benéficos en los tratamientos.	- 58 -
Figura 42: Concentración del número de lombrices durante el proceso de vermicompost.	- 58 -
Figura 43: Concentración del número de lombrices.	- 58 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales fuentes de producción ganadera en la parroquia Tarqui.	- 11 -
Tabla 2: Participación y función de los microorganismos benéficos.	- 18 -
Tabla 3: Principales características de las lombrices del género <i>Eisenia spp.</i>	- 21 -
Tabla 4: Características climáticas de la zona de estudio.	- 26 -
Tabla 5: Materiales y equipos utilizados.	- 26 -
Tabla 6: Descripción del diseño experimental.	- 27 -
Tabla 7: Descripción de los tratamientos.	- 28 -
Tabla 8: Dimensiones del área experimental.	- 28 -
Tabla 9: Elementos usados para la activación del consorcio microbiano.	- 28 -
Tabla 10: Materia prima suministrada por unidad experimental.	- 35 -
Tabla 11: Resultados del análisis del pH.	- 39 -
Tabla 12: Resultados del análisis de la conductividad eléctrica.	- 40 -
Tabla 13: Resultados del análisis de la relación C/N.	- 41 -
Tabla 14: Resultados del análisis del carbono orgánico.	- 42 -
Tabla 15: Resultados del análisis del calcio.	- 43 -
Tabla 16: Resultados del análisis del magnesio.	- 44 -
Tabla 17: Resultados del análisis del azufre.	- 45 -
Tabla 18: Resultados del análisis del sodio.	- 46 -
Tabla 19: Resultados del análisis de materia orgánica.	- 47 -
Tabla 20: Resultados del análisis de ácido fúlvico y ácido húmico.	- 49 -
Tabla 21: Concentraciones químicas de los macronutrientes.	- 50 -
Tabla 22: Concentraciones químicas de los micronutrientes.	- 51 -
Tabla 23: Características físicas del vermicompost.	- 52 -
Tabla 24: Microorganismos presentes en los tratamientos.	- 53 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La sobrepoblación humana, al igual que su concentración en las zonas urbanas es uno de los mayores problemas ambientales, y que, en razón a su crecimiento, la demanda industrial se ha incrementado generando cambios en los consumos humanos como consecuencia de los nuevos niveles de vida de la sociedad, teniendo un aumento directo sobre la producción de residuos sólidos urbanos como rurales.

Son muchos los países que aún utilizan vertederos a cielo abierto sin contar con las debidas medidas de manejo para una óptima recolección, clasificación y separación de residuos, desde su origen hasta la disposición final de los mismos (Sáez & Urdaneta, 2014). El ser humano últimamente se preocupa más en proteger el medio ambiente como suelo, agua y aire, pues a causa de la superpoblación aumenta la producción de alimentos, ocasionando un aumento de la presión sobre el suelo, el cual atraviesa una etapa crítica por la recesión agrícola (Devendra et., 2017).

A nivel mundial y en particular Latinoamérica, el inadecuado uso de los residuos sólidos orgánicos son fuentes de contaminación ambiental, debido a la alta cantidad de desechos domiciliarios y su acumulo en vertederos o rellenos donde existe un incorrecto manejo de estos, todo esto debido al sobreconsumo de productos alimenticios del ser humano y su falta de interés por una educación ambiental (Sáez & Urdaneta, 2014).

En las zonas rurales como la parroquia Tarqui sitio de este estudio, existe un pequeño conocimiento sobre el aprovechamiento y beneficio que brindan los residuos sólidos orgánicos, esto debido a que la mayoría de sus pobladores viven el día a día para la agricultura, además el desecho de estos residuos y su acumulación afecta directamente la salud y bienestar de la gente del sector, debido a que el depósito de estos se ubica en un solo sitio de la comunidad, la mayoría de estos desechos están compuesto por metales, vidrios, plásticos, estiércol y materia orgánica domiciliaria.

El mal uso de residuos orgánicos sólidos tienen efectos perjudiciales en las personas, su acumulación conduce a la transmisión de enfermedades causadas por bacterias y parásitos, la falta de una disposición correcta de vertederos siendo un riesgo para quienes habitan cerca de las zonas, ya que producen una constante emisión de gases debido a los procesos de descomposición que desarrollan, este inadecuado manejo de residuos ocasiona la contaminación de agua siendo no apta para su consumo, al igual que la quema de estos deteriora el aire con la generación de sus gases tóxicos (Pérez, 2012).

La ganadería intensiva es un sistema de producción que trae consigo problemas al medio ambiente, a causa de acumulaciones de excremento en los suelos y el desplazamiento de

efluentes ocasionados por esta actividad hacia zonas circundantes (García, 2015). Lo que es muy característico en la parroquia Tarqui y razón importante de esta investigación.

La alta cantidad de materia fecal, además de su olor característico a amoníaco resultado del metabolismo estos animales y el mal manejo de las excretas, generan un grave problema al ser humano como al medio ambiente (Morocho, 2012), en base a estos problemas ambientales, el ser humano con el pasar de los años ha buscado medidas alternativas como el vermicompost, a fin de minimizar las emisiones de metano generadas por los procesos digestivos de los bovinos, evitando el uso de estiércol fresco ya que estos contienen enfermedades bacterianas, como también, semillas de malezas que podrían propagarse a través de las plantas (Ludeña, 2019).

Los microorganismos benéficos son considerados como actores importantes, por la capacidad de brindar gran concentración de nutrientes al suelo, ya que una de sus características principales es, el ser fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, esto potencia al crecimiento de las plantas (Gupta, 2012), actualmente, se busca la manera de dar solución al incremento de residuos sólidos orgánicos minimizando su concentración, combatiéndola mediante el uso de microorganismos benéficos, ya que poseen la capacidad de degradar materia orgánica, y al mismo tiempo actuar mejorando la calidad del vermicompost a realizar.

Vermicompost, técnica innovadora que tiene como fin, el uso de los residuos orgánicos está cuenta con la aplicación de lombrices las cuales se encargan de transformar los residuos sólidos orgánicos en abono orgánico, mediante las secreciones depositadas por la lombriz (Moreno, et al., 2014), es considerada una práctica de bajo costo y de cómodo manejo, ya que ofrece beneficios económicos y ambientales como la preservación de medio ambiente y su aporte al medio agrícola.

1.1. PROBLEMA

Actualmente, la producción nacional per cápita de residuos sólidos es de 0,58 kg / h / día en las zonas urbanas (INEC, 2018), de estos más del 60% es materia orgánica, la misma que al no ser tratada correctamente representa una de las fuentes principales contaminación al medio ambiente.

En el Ecuador, los desechos orgánicos sólidos son una amenaza constante para la salud humana, por su generación son considerados inútiles, indeseables o desechables, además de que su aprovechamiento puede ser de gran utilidad para el beneficio humano (Ávila & Ochoa, 2013).

La insuficiencia de nuestra sociedad por descubrir lugares que sean de acomodo dispuesto para residuos sólidos orgánicos está sujeto al nivel de estilo de vida del ser humano, presentándose como un problema perjudicial, ya que gradualmente se genera y descarga cada vez más una enorme cantidad de residuos.

La agricultura y ganadería contribuye al medio ambiente alrededor del 13% del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, el 9,1% de emisiones antropogénicas son pertenecientes a América latina y el Caribe (ALC), 50% metano y de 60 a 80% óxido nitroso (Benaouda et al., 2017).

En la parroquia Tarqui el principal problema es la contaminación por acumulación de residuos sólidos orgánicos entre ellos estiércol y materia orgánica domiciliaria, la cual genera malos olores que pueden ser perjudiciales o tóxicos para la salud, por lo que el proceso de vermicompost nos brinda la oportunidad de conocer las ventajas de la técnica en el cambio de residuos sólidos orgánicos en productos bioestables.

1.2. ANTECEDENTES

En tratamientos de compostaje y vermicompostaje, es factible y recomendable utilizar consorcios de microorganismos benéficos, ya que se pudo evitar largos periodos de este proceso en únicamente 40 días, y su aplicación ha proporcionado mejores características al compost, aumentó el número de lombrices, y la aplicación de microorganismos favoreció la calidad del vermicompost (Velecela, 2019).

El vermicompost fomenta el crecimiento de auxinas, citoquininas y giberelinas, las cuales son secretadas por las lombrices de tierra, convirtiéndolo en uno de los mejores promotores de crecimiento que estimula el desarrollo de la planta, disminuye el tiempo de producción mejorando la cosecha de cultivos (Crespo et al., 2014).

Las prácticas realizadas de compostaje y de vermicompostaje tienen efectos positivos sobre el medio ambiente gracias al uso de residuos orgánicos que se originan en localidades urbanas o regionales (Castillo & Reyes, 2013).

En la obtención de vermicompost con estiércol, las lombrices pueden aumentar considerablemente su biomasa, asegurándose de que no esté demasiado mineralizado, de lo contrario se frenara el aumento en número de población, además de que el sustrato dispuesto puede afectar la reproducción de la lombriz debido a que estos están directamente relacionados con el sustrato en el que habitan (Sánchez, 2017).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Dentro de los principales problemas ambientales están los gases de efecto invernadero detonantes del cambio climático, esto debido al incremento de residuos orgánicos domiciliarios como también a la ganadería intensiva o 'industrializada' que alteran los ecosistemas naturales y la sostenibilidad del medio, además esta la existencia de lixiviados y gases que se producen en tiraderos o en los mismos rellenos sanitarios debido al mal manejo de estos desechos (Castillo & Reyes, 2013).

En la actualidad la cría, producción y comercialización de animales para consumo humano crece conforme aumenta la población, ocasionando la contaminación de aguas, cambio climático, pérdida de biodiversidad y deforestación del entorno en el que se encuentren establecidas las zonas de producción ganadera. En conclusión, todo lo que utiliza el ser humano termina por ser un desecho, generando residuos o llamado también basura, que si esta no es debidamente tratada

ocasiona más problemas, es por ello por lo que se buscan técnicas o medidas para contrarrestar los problemas de contaminación (Ávila & Ochoa, 2013).

El vermicompost, es una práctica efectiva de convertir desechos orgánicos en productos que benefician las actividades de restauración ambiental, se considera una alternativa ecológica rápida y práctica que mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas de estos suelos, tratando de mantener un uso sostenible efectivo de la tierra (Villegas & Laines, 2017).

Comprender el uso de residuos sólidos orgánicos domiciliarios con el estiércol vacuno más la aplicación de benéficos, permitirá impulsar la práctica y uso del vermicompost, actividad que deberemos supervisar para ir recogiendo información sobre el uso de esta metodología, como:

- Elaborar un producto, aprovechando los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y estiércol vacuno.
- Demostrar las características beneficiosas del producto generado.
- Ayuda a minimizar el impacto negativo que realizamos sobre el medio ambiente, debido a nuestras actividades de consumo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la incidencia de microorganismos benéficos en la calidad de vermicompost de residuos orgánicos domiciliarios más estiércol vacuno, en la parroquia Tarqui.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características químicas del vermicompost mediante un análisis de laboratorio con la finalidad de comparar los parámetros entre los tratamientos: con microorganismos y sin microorganismos
- Verificar las características físicas del vermicompost mediante un análisis de laboratorio para comprobar la calidad del producto con los parámetros obtenidos en los tratamientos.
- Analizar las características biológicas del vermicompost mediante un análisis de laboratorio para demostrar la incidencia de microorganismos benéficos.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN AMÉRICA LATINA

La producción en volumen de residuos urbanos corresponde aproximadamente al 12% del volumen global de residuos (160 millones de toneladas), además la tasa de producción total de residuos per cápita se ha incrementado paulatinamente debido a la extensión de las zonas urbanas, al crecimiento de consumo, necesidad y beneficio que trae el estilo de vida de los habitantes (Graziani, 2018).

El aumento de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe alcanza un volumen de casi 540.000 toneladas, con expectativas de las 671.000 t/día para el 2050, conforme los años han pasado se mantiene la investigación, estudios y prácticas sostenibles para una correcta gestión de los mismos, teniendo en cuenta un déficit de 145.000 toneladas de basura con respecto a la disposición final de los residuos, de la cual cerca del 30% del total se destina a lugares inadecuados. El 75% de la basura desechada por países en desarrollo consta de materia orgánica, mientras que los países subdesarrollados tienen un índice aproximado de 36% (ONU, 2017).

Muchos países elaboran técnicas y medidas para la gestión de residuos como compostajes o el fortalecimiento de marcos legales, reciclaje, recolección y cierre de vertederos a cielo abierto, también algunos de ellos han desarrollado y adaptado planes de estrategias nacionales en gestión de residuos, sin embargo, algunos de ellos pasan por ciclos de degradación lentos entre esos están; plásticos, loza, vidrios, zinc, hierro, desechos de construcción, siendo fuentes principales de contaminación y destrucción al medio ambiente (Ávila & Ochoa, 2013).

2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL ECUADOR

En el 2012, la tasa promedio per cápita fue de 0,73 kg/hab/día a nivel nacional contando con una producción de 4'139.512 t/año de residuos sólidos en el país. La población del Ecuador en la actualidad según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos es de 17'283.338 hab, de los cuales el 63% vive en áreas urbanas y el 37% restante en áreas rurales, y su valor promedio registrado en producción de residuos es de 0,58 kg/hab/día en el área urbana (INEC, 2018).

INEC (2018), nos indica que durante el año 2014 en Ecuador se recolectaron aproximadamente 12.897,98 t/día de residuos sólidos. En base a la fórmula mencionada por el INEC para estimar proyecciones, el país contaría actualmente con una generación 19.140 t/día de residuos. Conforme a lo mencionado, un 37,1% de administraciones municipales (de un total de 82) cuentan con técnicas de clasificación de materiales orgánicos como de inorgánicos.

En el país el 43% de los municipios dispone sus desechos en vertederos; un 36%, en basureros; y, el 21%, en botaderos controlados, sitios considerados como almacenamiento por un periodo de tiempo específico, además, hay que tener en cuenta que, el 72% de los hogares dispone de servicios básicos de agua por medio de la red pública y el 77% expulsa sus residuos a través de carros de recogida (SENPLADES, 2015).

En el año 2010, se creó un plan para fomentar el uso sostenible de residuos sólidos en los municipios, disminuyendo su impacto ambiental, así como intentar mejorar el bienestar del ser humano y la preservación de ecosistemas mediante estrategias, planes y actividades de capacitación (MAE, 2018).

2.3 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS

El manejo inadecuado se debe al sobre almacenamiento y el mal control de los desechos, desde su generación, siendo uno de los puntos esenciales desde donde se podría caracterizar por peligrosidad al producto, el impacto ocasionado son el resultado de la falta de interés en la educación y la responsabilidad ambiental para aprovechar su uso en nuevos productos (Mejía & Ramos, 2019).

La disposición de residuos sólidos se refiere a la última etapa o ciclo final que cumplen los mismos, es aquí en donde su concentración y el manejo inadecuado de las personas, terminan por ocasionar un impacto negativo al medio ambiente, porque llegan a producirse problemas como:

- Contaminación del suelo y aguas subterráneas.
- Gas de efecto invernadero, producto de descomposición y combustión incontrolada de los residuos.
- Material fragmentado y pulverizado que se transporta con el viento.
- Ocupación descontrolada del territorio, que genera cambios y efectos negativos
- Generación de malos olores.
- Enfermedades causadas por la multiplicación de plagas y vectores transmisores, como. Roedores, parásitos e insectos.

Cajas (2012), mencionó que, en la búsqueda de soluciones para superar este problema, se ha sugerido la aplicación de las 3Rs.

- a) La Reducción de residuos, por medio de un cambio en los en las necesidades de consumo y su fabricación, disminuye la cantidad de residuos generados.

- b) La reutilización de un bien o material, que radica usar nuevamente el residuo para el fin que se destinó.
- c) El reciclaje, útil para la transformación de un residuo en un nuevo producto, con la aplicación de energía y materiales para su cambio.

2.4 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Llamados así, a los residuos o desechos de productos orgánicos generados por la acción del ser humano, por lo general son biodegradables (se descomponen de manera natural), estos se transforman en otro tipo de materia orgánica (Cajas, 2012).

La ubicación y el incremento de residuos incapacita las tierras para otros usos, conlleva riesgos a las personas aledañas a los vertederos, a causa de los gases que se producen por la descomposición, contaminación de aguas de lluvia, aguas superficiales y freáticas con nitratos que pasan por medio de los residuos (Sáez & Urdaneta, 2014).

2.4.1 Definición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios

La generación de residuos domiciliarios crece día a día, ocupando cada vez más las zonas asignadas a ser rellenos, llegando a superar su capacidad y su descomposición es una de las causas que afectan el medio ambiente, es por ello que se ha vuelto una necesidad urgente para los municipios o entes seccionales el disminuir los volúmenes de desechos orgánicos, en lugares como los hogares, mercados, restaurantes, hospitales, etc.

Conforme han pasado los años y debido a la contaminación existente hoy en día, el ser humano constantemente realiza prácticas o métodos alternativos donde los residuos se consideren beneficiosos para el mundo, el uso de pequeños equipos electrónicos estimulados por las lombrices responsables de un perfecto reciclaje orgánico, además está concientizar a las personas mediante la creación de planes de capacitación mostrando como convertir sus desechos en dinero (Cajas, 2012). En la Figura 1 se observa la tasa de generación de basura doméstica.

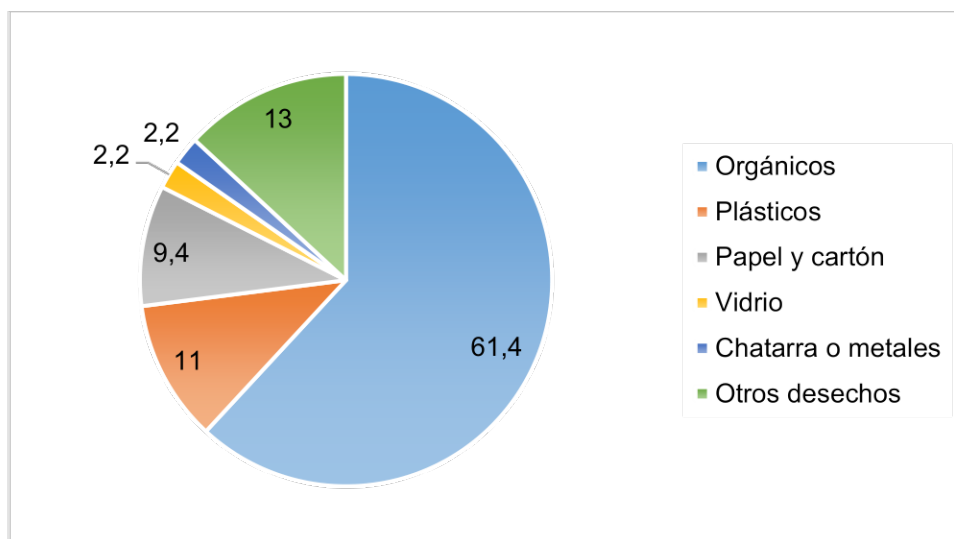


Figura 1: Tasa de generación de residuos sólidos domésticos.

Fuente: Secretaría Técnica Planifica Ecuador (2014).

2.4.2 Clasificación según la fuente

a) Residuos sólidos orgánicos procedentes de la limpieza de calles:

Su generación proviene del barrido y la limpieza de calles, que generalmente incluye desechos institucionales, industriales y comerciales, vidrios, cajas, hasta animales muertos (Bonilla & Nuñez, 2012), también se pueden encontrar restos de fruta, papel y plástico, su uso puede verse limitado debido al problema en la separación física (Cajas, 2012).

b) Residuos sólidos orgánicos institucionales:

Por su nombre se entiende a residuos provenientes de establecimientos públicos, gubernamentales y privados, instalaciones educativas, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, etc., son principalmente: papel, cartón y sobras de los comedores (Cajas, 2012 & Bonilla, Nuñez, 2012).

c) Residuos sólidos de mercados:

Son el resultado de la venta de productos alimenticios indispensables para el día a día de las personas, estos en su mayoría son orgánicos. Los mercados sin duda son lugares en donde el aprovechamiento de residuos mediante técnicas de compostaje sería de beneficio tanto para el medio ambiente como para el ser humano (Cajas, 2012).

d) Residuos sólidos orgánicos de origen comercial:

Aquellos que provienen de lugares como, públicos, tiendas, restaurantes, cafeterías, mercados, bodegas, hoteles, etc., (Bonilla & Nuñez, 2012).

e) Residuos sólidos orgánicos domiciliarios:

Estos en su mayoría por naturaleza, composición, cantidad y volumen, pueden ser de distintas características, se presentan papeles, hortalizas, frutas y la poda del jardín, útiles para usos potenciales (Cajas, 2012 & Bonilla & Nuñez, 2012).

2.4.3 Clasificación según su naturaleza y/o característica física:

a) Residuos de alimentos:

Desechos provenientes del consumo y desechados una vez obtenido su provecho, utilizados de forma alternativa estos son originados en su mayoría en los hogares, restaurantes, comedores, y otros sitios de venta de venta para el consumo humano (FAO, 2014).

b) Estiércol:

Llamados así a los excrementos de origen animal siendo los de más impacto de origen ganadero (contaminados con antibióticos, restos de pesticidas, metales pesados etc.) (Cajamarca, 2012), residuos que contaminan el medio ambiente debido a la falta de conciencia de la gente por su acumulo o su depósito en zonas no aptas, en la actualidad estos residuos utilizados para generar biogás o convertirlos en biofertilizantes (Cajas, 2012).

c) Restos vegetales:

Residuos de origen biológico, por ejemplo: hojas de hortaliza, legumbres, restos de alimentos consumido por el ser humano en sus hogares, generados por los mismos establecimientos municipales en limpieza y mantenimiento de parques u otras áreas verdes, este tipo de desechos son biodegradables (Uyaguari, 2012).

d) Papel y cartón:

Las fuentes de industria comercial ocasionan la generación de papel y cartón, debido al empaque de sus materiales, estos residuos poseen gran potencial para su reciclaje (Cajas, 2012). En los últimos años se ha fomentado la recuperación, el reciclaje y su valorización para crear una sociedad que brinde calidad y sostenibilidad en la gestión de residuos, ya que el papel y cartón que se encuentra directamente relacionados con la conservación de nuestros árboles, fuentes de agua, oxígeno, por ende, de la misma vida (Valderrama & Isaza, 2011).

e) Plásticos:

El crecimiento de la tecnología actualmente ha desarrollado herramientas tecnológicas para el tratado de los plásticos en esta sociedad moderna, sus investigaciones han impulsado el reciclaje y la reutilización de los mismos, la contaminación ocasionada por este residuo se presenta en ecosistemas afectando afluentes de agua, y su uso desmedido ha causado que estos sean

difíciles de manejar debido a su gran cantidad, al ser un elemento no degradable y poseer una composición resistente (Gómez, 2016).

2.4.4 Reciclaje de residuos sólidos orgánicos

Es el punto clave para mantener una sostenibilidad con el medio ambiente, donde la participación del ser humano es primordial para lograr minimizar el impacto negativo que estos generan, su separación y clasificación lleva a la aplicación de medidas sustentables, por la finalidad debe ser concebido como una prioridad fundamental y urgente en los niveles de gestión relacionados con el cuidado del medio ambiente, concientizar a las personas mediante programas a la separación de residuos de materiales de casas, oficinas entre otros.

Según Alvarado (2014), su reciclaje y aprovechamiento reduciría el impacto ambiental negativo como también existiría una mejor gestión y manejo de los rellenos sanitarios, el propósito del reciclaje es:

- Economizar la energía.
- Proteger y conservar el bienestar de los ecosistemas.
- Reducir la cantidad de desechos perjudiciales, minimizando su contaminación.
- Extender el uso de los materiales.
- Reducir el espacio que toman los residuos cuando se convierten en residuos
- Evitar la producción exuberante de toneladas de residuos generada durante la vida de las personas.
- Preservar nuestra salud.

Reciclar los residuos orgánicos como restos de cocina, malezas, estiércol, etc., deben ser considerados una alternativa y no simplemente desperdicios, pues es en donde esta práctica reduce considerablemente su volumen (Cajas, 2012). Además, una vez involucrados en el proceso del vermicompost, esta es una técnica útil, benéfica y económica, convirtiéndose en una forma sostenible de acelerar la biotransformación de residuos (Soriano et al., 2012).

2.4.5 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Es un conjunto de pasos en un proceso, es decir sacar el provecho posible y así reducir la cantidad de residuos generados, conservar los recursos naturales y su necesidad, mermar la demanda energética, reducir costes preservando el medio ambiente, y minimizar los desechos hasta la disposición final de los estos.

Es fundamental que el uso sea óptimo siempre que sea económicamente viable, técnicamente factible y respetuoso con el medio ambiente (González, 2018). Las técnicas de tratamiento

biológico están dirigidos al uso de residuos orgánicos, estos son biodegradable de la preparación y consumo de alimentos, mantenimiento de jardines, corrales, huertas, estos residuos merecen ser considerados como una alternativa viable, ya que algunas técnicas de su tratamiento son el compostaje y vermicompostaje, considerados componentes de gestión y manejo de residuos orgánicos (Castillo & Reyes, 2013).

Durante los últimos años y gracias al avance tecnológico como científico, los residuos orgánicos han sido considerados como recursos económicos de gran potencial y no mucho como un problema ambiental, en donde su manejo y transformación trae importantes beneficios, pues el reciclaje de estos residuos son vías aconsejadas para una eliminación adecuada, favoreciendo el suelo al que se le ha incorporado, aportando materia orgánica y nutrientes (Cajas, 2012).

2.5 GANADO VACUNO EN LA CIUDAD DE CUENCA (PARROQUIA TARQUI)

En Cuenca existe un pequeño grupo de productores en la parroquia Tarqui dedicados especialmente a la ganadería, actividad que es el estilo de vida de la gran mayoría de la población rural, derivándose esta práctica en la fabricación de productos animales (derivados de la leche), que contribuye aproximadamente con el 24% del ingreso mensual de la Parroquia, estas prácticas se desarrollan con el bajo nivel de tecnología en el proceso de producción, según lo declarado por GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

En la Tabla 1 se presentan las principales fuentes de producción ganadera en la parroquia Tarqui, siendo el ganado el principal productor de carne y leche, seguido del cerdo, cuyes, borregos, gallinas, pues su carne se utiliza en todo el país. El GAD Parroquial Rural de Tarqui (2015), de acuerdo con estudios realizados, menciona que los precios pueden cambiar según la oferta y la demanda, sin embargo, se han podido establecer las siguientes cifras de referencias:

Tabla 1: Principales fuentes de producción ganadera en la parroquia Tarqui.

Tipos de animales	Precios de referencia
Vacunos	\$400
Chanchos	\$80
Cuyes	\$6
Borregos	\$40
Aves	\$7

Fuente: GAD Parroquial Rural de Tarqui (2015).

La producción de leche es fundamental en la parroquia de Tarqui, se menciona que el promedio de generación diaria por vaca está entre los 4 y 6 litros, a diferencia de la existencia de elaboraciones a mediana escala las cuales tienen una producción entre 8 y 12 litros. En las grandes haciendas que poseen una mejor gestión sanitaria e instalación de máquinas aptas para un rendimiento que puede llegar a ser de hasta 15 y 20 litros de leche / vaca / día” (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

2.6 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LA PARROQUIA TARQUI

2.6.1 Uso y cobertura de suelo

En la parroquia Tarqui se identificaron suelos con pastos a causa de la actividad ganadera con una superficie de 6.869,47 has., que representa el 45,50%, bosques naturales con el 23,10% (3.487,86 has.) y cultivos de ciclo corto con 1.982,61 has., el 13,13% del total de la parroquia (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

2.6.2 Clima

La parroquia posee un clima subtropical, semihúmedo, típico de la región andina, excluyendo valles y áreas por encima de los 3200 m.s.n.m., siendo el de mayor incidencia en esta parroquia. En referencia a esto se menciona que cuenta con una humedad relativa de 65 a 85% y tiempo de sol de 1000 a 2000 horas por año (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

2.6.3 Precipitación

Los valores son registrados por estaciones hidrometeorológicas en ETAPA y CG Paute, lo que permite generar mapas de Isoyetas, y mediante estos gráficos se puede interpretar precipitaciones promedio anuales de la parroquia que van desde 770 mm, llegando en algunas áreas a los 1.000 mm. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

2.6.4 Temperatura

La zona de estudio cuenta con un rango de altura que está entre los 2.620 m.s.n.m. y una máxima de 3.840 m.s.n.m., mediante lo cual se pudo interpretar que esta zona tiene temperaturas que oscilan entre los 10 a 12°C y la mínima de 4 a 6° (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, 2015).

2.7 ESTIÉRCOL VACUNO

2.7.1 Definición

Son secreciones depositadas por vacas, toros y bueyes (vacuno, bovino), las cuales están compuestas por orina, heces y material vegetal, considerados subproductos orgánicos porque se producen en mayor cantidad, estas deyecciones aportan más del doble de materia orgánica que las de porcino (Cevallos, 2016), sin embargo, debido al uso de agroquímicos y su continua transformación, los productos agro-químicos hasta la actualidad han deteriorado los suelos, sumándole a esto el inadecuado manejo del estiércol de los animales especialmente del ganado vacuno (Torrejon, 2016).

2.7.2 Características

El estiércol vacuno está compuesto por distintos elementos tales como: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, sustancias inorgánicas o minerales, así como fragmentos celulares y microorganismos (Arellano et al., 2014). El estiércol se encuentra compuesto por nutrientes debido a que el bovino absorbe muy poco de lo que ingiere, del 70 al 80% de nitrógeno consumidos y el 90% de fósforo (en fosfatos) son eliminados por las excretas (Morocho, 2012).

Estos elementos dependerán esencialmente de la especie, la edad y la alimentación que tengan, es fundamental considerar la participación de factores externos porque pueden cambiar la composición debido al manejo y almacenamiento de las heces, o bien por la tasa de descomposición (Arellano et al., 2014).

2.7.3 Impacto ambiental

La presencia de gases de efecto invernadero procedentes del ganado, es un factor que contribuye al cambio climático, genera la sobreproducción de nutrientes en cuerpos de agua y en suelos cultivables, todo esto debido a que en el interior del estómago del animal se transforman los materiales vegetales, la ingesta de ácidos grasos de bajo peso molecular, dióxido de carbono y metano muestra una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que significa que a través de su descomposición libera iones que afectan la fertilidad natural del suelo, resultando en sodio y salinidad, incidiendo de manera negativa en la productividad de los cultivos (Velecela, 2019).

En estudios de impacto ambiental en sistemas de producción animal extensivos, mencionan que la producción de leche tiene un impacto sobre el agua y el suelo, esto emite constantemente más gases de efecto invernadero, a diferencia de los sistemas tradicionales de producción de leche (Pinos et al., 2012).

2.8 MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Los microorganismos beneficiosos fueron descubiertos en la década de 1980 por un profesor japonés llamado Teruo Higa. Se menciona que durante sus estudios sobre microorganismos echó por error una mezcla cerca de unos arbustos, al paso de unos días notó el rápido crecimiento y la abundancia de estos, esto fue una iniciativa para encontrar la combinación adecuada de microorganismos mejoradores del suelo, que se utilizan en diferentes aspectos del sector agrícola (Izquierdo, 2016).

Después de eso, muchos científicos han incorporado técnicas de inoculación de microorganismos en procesos como compostaje, esta técnica consiste en transformar los residuos orgánicos en abono, buscando una mejor calidad de producción agrícola siendo sostenible a mediano y largo plazo. En el proceso de vermicompost se pueden encontrar muchos tipos de microorganismos como hongos, bacterias y actinomicetos termofílicos, desempeñan un papel muy importante en la descomposición, metabolismo y estabilización biológica de la materia orgánica (Dominguez, Aira, & Gomez, 2010).

2.8.1 Definición

Los microorganismos son llamados así al ser organismos de tamaño microscópico, de los cuales con el pasar de los años se ha obtenido información de gran importancia mediante estudios en cultivos puros, hay que tener en cuenta que estos cultivos ya se encuentran constituidos por un gran número de individuos idénticos que crecen en un ambiente homogéneo, además de multiplicarse en un corto tiempo de generación, dentro de estas se las incluye a las bacterias, levaduras, algas unicelulares (Parés & Juárez, 2012). Se definen como microorganismos de origen natural cuando se relacionan con materia orgánica, pues estas secretan sustancias útiles, como hongos y mohos que terminan cumpliendo funciones como descomponedores de materia orgánica (Naranjo, 2013).

2.8.2 Propiedades de los microorganismos

Los microorganismos realizan metabolismos microbianos, abarcando todas las transformaciones químicas que ocurren en el microorganismo, pues además de la biosíntesis y regulación metabólica que tiene en el proceso de metabolismo, también existen fenómenos de permeación, diferenciación celular y molecular, iluminación, preservación de forma y estructura en la ausencia de crecimiento y reproducción celular, conllevados de la adaptación química que intervengan (Parés & Juárez, 2012).

La multifuncionalidad que desarrollan dentro de los sistemas agrícolas se debe a ciertos factores bióticos como: la competencia que existe entre ellos, la composición biológica que desarrollan una vez hecha su interacción con el suelo y reconocimiento de plantas, de igual manera existen los factores abióticos de los cuales se mencionan los más esenciales como:

condiciones climáticas, propiedades físicas y químicas del suelo, que lo afectan directamente y en la manifestación del efecto benéfico (Cano, 2011).

La promoción directa del crecimiento puede ocurrir por, fijación de nitrógeno de N₂, producción de hormonas vegetales y de células accesorias, solubilización de fosfatos, síntesis de enzimas que regulan los niveles de hormonas vegetales, producción de compuestos volátiles, degradación de compuestos contaminantes entre otros (Odoh, 2017).

La promoción indirecta del crecimiento es atribuida a la capacidad de ciertas bacterias para impedir la colonización de la planta por patógenos. Los mecanismos por lo que es posible este tipo de promoción son: competencia por nutrientes, producción adicional de células, liberación de antibióticos, liberación de moléculas antifúngicas, producción de enzimas líticas, parasitismo, y resistencia sistémica en las plantas hospedadoras (Odoh, 2017).

2.8.3 Medios de cultivo

Los microorganismos en condiciones naturales tienen la capacidad de desarrollarse en distintos hábitats y por lo general siempre se encuentran relacionados o mezclados en diferentes poblaciones, sin embargo, la mayor parte de la información generada ha sido de estudios de cultivos puros (Parés & Juárez, 2012).

Los medios de cultivo buscan, crear ambientes adecuados para el crecimiento, sirven para la aplicación, manejo y recuperación de poblaciones microbianas en el medio ambiente o sistemas en donde se encuentren (Gámez, 2016).

El cultivo puro es conocido como un sistema dinámico que según las propiedades que posea se caracterizará por el crecimiento de biomasa, junto con la desaparición o consumo de los componentes originales del medio de cultivo (Parés & Juárez, 2012). Las condiciones del cultivo y su actividad pueden variar de un caso a otro, y de esta manera se puede lograr una diversidad importante por sus características específicas, en relación con la distribución de especies, además requiere de una caracterización con respecto a su forma y estructura, sus propiedades antigénicas y genéticas, y las propiedades de los ácidos nucleicos y otras moléculas estructurales (Parés & Juárez, 2012).

2.8.4 Características

El proceso de transformación bacteriana del medio del cultivo es la oxidación aeróbica, por lo que influyen directamente en el proceso de descomposición, en presencia del oxígeno y la materia orgánica compiten con la presencia de patógenos (Mejía & Ramos, 2019). La función que realizan los microorganismos radica en descomponer materia orgánica en un entorno natural en el que habiten, cabe señalar que el fertilizante orgánico se deriva de desechos vegetales y animales (Villegas & Laines, 2017).

Según lo manifiesta Raffino (2021), los microorganismos comparten muchas características:

- Ligero, compacto e invisible a simple vista, se transportan en el aire.
- Necesitan agua para el metabolismo.
- Generan mecanismos de dispersión y de resistencia.
- Se reproducen a una gran velocidad al igual que sus reacciones metabólicas.
- Forman parte de los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza.

Además, se menciona que están compuestos por muchos tipos de microorganismos efectivos, benéficos y no patógenos, se cuentan alrededor de 80 tipos de microorganismos distribuidos en bacterias del ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentables que tienen la capacidad de limpiar y revitalizar la naturaleza (Gámez, 2016).

Según Diver (2001), las principales especies son:

- *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) y *Streptococcus* (*S.lactis*) (bacterias del ácido láctico).
- *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, (bacterias fotosintéticas).
- *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* (levaduras).
- *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* (actinomicetos).
- *Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* y *Mucor hiemalis* (hongos fermentación).

También destacan las interacciones de microorganismos en organismos vivos, como; Los hongos hemorroidales (AMf), los hongos del género *Trichoderma* y las bacterias del género *Pseudomonas*, los agentes de control biológico (BCA) y los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM), están sujetos a factores para expresar su beneficio potencial para la planta, un efecto adverso o ninguno (Cano, 2011).

2.8.5 Tipos de microorganismos benéficos

Los microorganismos poseen una variedad taxonómica muy grande que incluye bacterias del ácido láctico, bacterias fotosintéticas heterótrofas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos fermentativos (Morocho & Leiva, 2019).

a) Bacterias fotosintéticas heterótrofas

Son un grupo de microorganismos, los cuales son metabólicamente diversos, dentro de estos hallamos a las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, estos utilizan el como fuente el carbono de moléculas orgánicas la luz solar y energía calórica del suelo, además poseen una variedad de enzimas que degradan químicamente los compuestos orgánicos (Laich, 2011).

b) Levaduras

Son un grupo microbiano capaces de utilizar diversas fuentes de carbono y de energía (degradación de la sustancia), estas sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y aminoácidos, producen sustancias activas, entre ellas enzimas, hormonas y vitaminas que ayudan en el proceso de división y activan las células (Naranjo, 2013).

c) Bacterias productoras de ácido láctico

Una de sus funciones principales es la fermentación de alimentos como como la leche, carne y vegetales, estas bacterias producen ácido láctico, el mismo que puede prevenir la propagación de *Fusarium*, un microorganismo patógeno vegetal (Córdor et al., 2013).

d) Actinomicetos

Poseen enzimas capaces de descomponer compuestos orgánicos complejos, celulosa y lignina, algunas especies involucradas pueden soportar las temperaturas alcanzadas por la descomposición aeróbica en el compost. (Laich, 2011).

e) Hongos filamentosos

Implicados durante el proceso de compost, participa en la degradación de materia orgánica lignocelulosa que se encuentra en el suelo como parte de la microflora ordinaria, participa en los procesos de descomposición y utiliza: compuestos orgánicos, compuestos complejos e inorgánicos (Laich, 2011).

En la Tabla 2 se describe las funciones y efectos que cumplen los microorganismos benéficos en su interacción con el medio que lo rodea.

Tabla 2: Función y efecto de los microorganismos.

Función	Efecto
Degradación de materia orgánica	Rapidez de compostaje Degradación de materia orgánica en el suelo
Mejoría del suelo	Formación de suelo agregado Cambio de Ph
Efecto nutricional para las plantas	Fijación N Mineralización Nitrificación Biomasa N y P
Desarrollo de las plantas	Producción de hormonas
Descomposición de materia orgánica	Vitamina Enzimas
Control de enfermedades y plagas	Efecto supresivo a patógenos, nematodos

Fuente: Okumoto (2003).

2.8.6 Beneficios

Una de las principales aplicaciones de los microorganismos benéficos dentro de la agricultura, es promover la reproducción de las semillas, mejorar la floración, aumentar la biomasa y asegurar la reproducción exitosa de las plantas, beneficia la estructura física del suelo y mejora en gran medida la fertilidad, inhibe los patógenos de las plantas, mejora la actividad de la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes en las plantas, y también reduce las etapas de maduración de los fertilizantes orgánicos, especialmente el estiércol, proporcionando un importante uso agrícola (Morocho & Leiva, 2019)

Estos microorganismos contienen mecanismos de acción, los parásitos y la producción de compuestos antimicrobianos modifican y alteran la composición de la comunidad microbiana en el suelo, al tiempo que brindan protección contra los patógenos, estimula mecanismos de defensa naturales de las plantas, a través de la inducción de resistencias, y también confiere resistencia a patógenos aerotransportados, cuyos componentes se pueden utilizar como bioagentes, contribuyendo así a una producción más limpia y sostenible en los sistemas agrícolas (Cano, 2011).

Los microorganismos actúan como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y potasio, como ya se ha mencionado anteriormente, se encuentran ampliamente distribuidos en gran diversidad de suelos y cultivos agrícolas, algunos de ellos muestran mayor actividad que otros, mientras que otros pueden ser empleadas en la formulación de biofertilizantes con aplicación agrícola, su participación genera el aumento de la diversidad microbológica del suelo, por lo general en suelos empobrecidos o agotados, permitiendo el aprovechamiento del acervo mineral

de los mismos y mejorando las condiciones de desarrollo de los cultivos (Velázquez & Ramos, 2015).

La utilización de los microorganismos dentro de la agricultura depende mucho del lugar, de la calidad del suelo, clima, agricultura y métodos de riego, entre otros factores; son importantes ya que retienen por más tiempo el agua lo que genera una mejora en los cultivos, dicha mejora es ocasionada por el aumento de la materia orgánica del suelo y disminución en la porosidad, creando un equilibrio iónico que mejora la relación la carga superficial en la estructura del suelo y la estructura física con carga iónica del agua (Toalombo, 2012).

2.9 VERMICOMPOST

2.9.1 Definición

El vermicompost se define como una técnica dirigida hacia el uso de residuos sólidos orgánicos, que tiene como relación la participación de la lombriz *Eisenia foetida* (roja californiana) y que, a base de los desechos orgánicos arrojados por éstas, los residuos se tratan cambiando su estado físico y composición microbiana, y conjuntamente con la acción de microorganismos beneficiosos son responsables de la degradación de la materia orgánica. (Velecela et al., 2019), se obtiene como resultado final humus, considerado como un abono de excelente calidad.

2.9.2 Lombriz californiana (*Eisenia foetida*) y sus características

Nombrada así porque, es en EE. UU., en donde se descubrió sus propiedades con los ecosistemas, se dice que sus condiciones climáticas o de vida contemplan zonas de clima templado con temperaturas aproximadas a los 20°C y humedades de 80-85%, contiene una excelente autorregulación en su etapa de procreación, la comida orgánica en su entorno aumenta su reproducción y multiplica su velocidad (Sánchez, 2017). Son denominadas lombrices de tierra, por ser motores vitales en la regulación del sustrato y de los cambios en los valores bioactivos en la oxidación biológica y estabilización de materias primas (Velecela, 2019).

Unas de sus características principales es que funcionan como indicadores biológicos de fertilidad del suelo esenciales para su sostenibilidad, muestran cambios de color que es provocado por el pigmento protoporfirina y éster metílico, que brindan protección contra los rayos ultravioleta, cuya longitud se denomina clitelio con funciones relacionadas con la reproducción, desde los alimentos hasta su recepción, el 40% se utiliza en mantenimiento y reproducción, el 60% restante se transforma en humus (Tenecela, 2012).

En la Figura 2 se observa la morfología por la cual se encuentra conformada una lombriz.

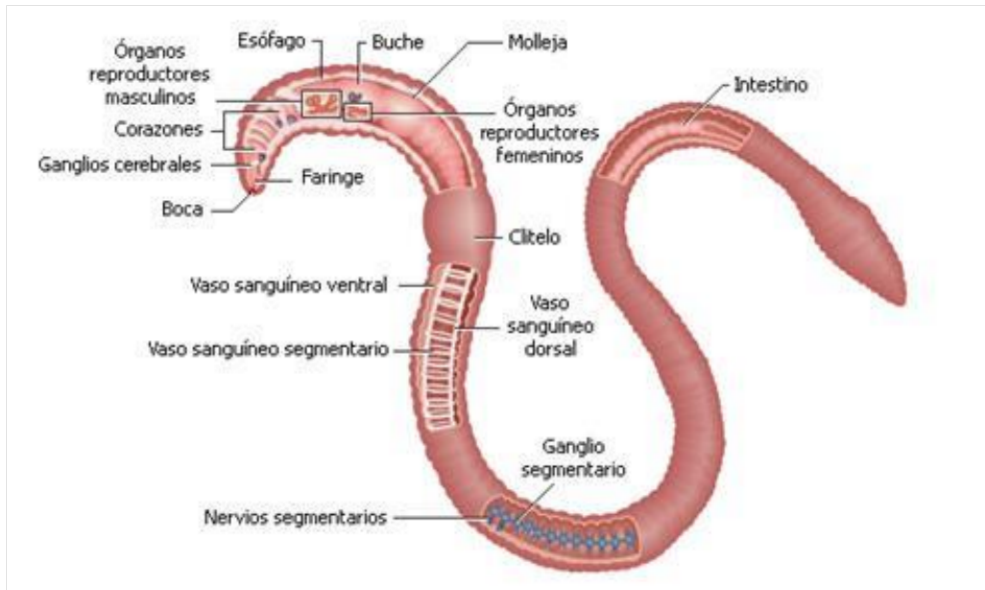


Figura 2: Morfología de una lombriz.

Fuente: Bueno (2015).

2.9.3 Condiciones para el desarrollo de las lombrices

Para contar con unas condiciones óptimas se requieren los siguientes parámetros:

- Temperatura con aproximados de 25 o 28°C, tolerantes hasta los 32°C, al disminuir su temperatura debajo de 15°C estas entran en un período de latencia, pueden soportar temperaturas por debajo de cero, es indispensable que las lombrices cuenten con concentraciones de oxígeno de 55 y 65% (Sánchez, 2017). Si la temperatura aumenta durante el verano los riesgos son más frecuentes ocasionando que las lombrices emerjan a la superficie buscando ambientes más frescos (Tenecela, 2012).
- Una humedad relativa del 80% facilita la ingesta de alimento, soportan condiciones de déficit y exceso de humedad, niveles de humedad inferiores al 55%, al estar seco dificulta el deslizamiento como la ingestión del alimento (Sánchez, 2017), y superiores al 85% se consideran perjudiciales debido a que La presión de la cama o de la cama reduce la ventilación y los alimentos pierden parte de su valor nutricional (Tenecela, 2012).
- El índice que muestre el pH indicará si el sustrato es alcalino o ácido, la lombriz puede aceptar valores con pH de 5 hasta 8.5 fuera de esta etapa la lombriz entra en un periodo de latencia (Delgado, 2011).
- Una relación Carbono-Nitrógeno (C/N) de 25, se puede basar en la utilización de plantas frescas, materiales y restos orgánicos acuosos, por el contrario, al tener estas una elevada Conductividad Eléctrica (CE) puede dificultar una correcta digestión, pues estas habitan mejor en sustratos con baja CE (Sánchez, 2017).

2.9.4 Ciclo de vida

El promedio de vida de una lombriz en buenas condiciones esta entre 4 a 5 años (Nogales, et al., 2014). Se menciona también que poseen un ciclo de reproducción de 45 a 51 días, desde el momento en que se depositan las pupas hasta la puesta de la siguiente generación, la incubabilidad es del 72-82% y el período de incubación es de 21-30 días (Sánchez, 2017).

El apareamiento ocurre cerca de la superficie y la puesta de huevos comienza aproximadamente 48 horas después del apareamiento, se producen 2 cocos del apareamiento, de los cuales emergen hasta 9 nuevos gusanos (promedio 2-4 lombricitas/cocón), el término de su madurez la adquiere entre 10 a 12 semanas, la lombriz puede comer de 4 a 7 veces diarias, de ahí nace mantener la materia orgánica como fuente principal en su alimento que es esencial para su reproducción (Tenecela, 2012). En la Tabla 3 se presentan las principales características de las lombrices *Eisenia foetida*.

Tabla 3: Principales características de las lombrices del género *Eisenia spp.*

Características	Valores
Tamaño	4-8 cm
Peso promedio adulto	1-2,5 g
Tiempo de maduración	28-30 días
Viabilidad de la eclosión	73-80 %
Descendientes por capullo	2,5-3,8
Ciclo de vida óptimo	45-51 días

Fuente: Domínguez & Gómez (2010).

2.9.5 El vermicompost en la actualidad y su evolución

El vermicompost es una técnica determinada, donde las lombrices son las encargadas de transformar residuos sólidos orgánicos en abonos o mejor dicho humus, estos son los desechos arrojados o secretados por la lombriz, un producto ya usado muchos años atrás, no hay que confundirse con el vermicultivo o lombricultura que se enfocan en maximizar la reproducción de gusanos sin esforzarse por una bioestabilización óptima de sus residuos de alimentos, aun cuando ambos objetivos se consiguen al mismo tiempo (Moreno, et al., 2014).

Los antiguos egipcios, los consideraban animales sagrados, pero fue Charles Darwin en el siglo XIX quien explicó sobre la acción de ellas en la tierra y la degradación de los desechos vegetales, se menciona que, en 1920, Thomas Barret fue uno de los pioneros en el aprovechamiento de las lombrices en California, por la misma época el suizo Alberto Roth las uso en de labores agrícolas en Argentina, siendo organismos importantes en el suelo y descomponedores de plantas muertas (Travez, 2010). El gran Charles Darwin bautizo a las

lombrices como soldados poco conocidos por la humanidad y grandes compañeras de los agricultores (Ibrahim et al., 2011).

En los últimos años, muchos países desarrollados se preocupan y reconocen la excesiva demanda de consumo alimenticio y el desperdicio de estos, llegando así a sobrepasar el límite de capacidad que poseen los rellenos sanitarios, por lo que han impulsado, el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante la técnica de vermicompost considerado el mejor fertilizante orgánico para la restauración y mejora de suelos, debido a los diversos procesos que allí se realizan (Sáez & Urdaneta, 2014). Además, es una excelente medida de gestión y mediante esta técnica y la recopilación de información de sus resultados se pretende extender su beneficio y aplicación, este método se considera económico, pues permite la oxidación biológica, descomposición y estabilización de residuos sólidos mediante la acción combinada de gusanos y microorganismo (Villegas & Laines, 2017).

2.9.6 Sistema para la producción de vermicompost

Es un proceso que tiene como finalidad la elaboración de abono orgánico, con la participación de lombrices rojas californianas como (*Eisenia foetida* y *Eisenia Andrei*), el motivo de su uso es por el gran apetito de ellas, ya que pueden llegar a consumir su propio peso, tienen grandes propiedades de adaptación a diversos tipos de clima, además de poseer una alta tasa y mucha celeridad de reproducción (Tenecela, 2012). La implementación del vermicompost como alternativa de gestión de residuos orgánicos puede ayudar a reducir hasta el 60% de los residuos sólidos originados en los domicilios, y una de las principales condiciones de supervivencia de las lombrices es mantener un 80% de humedad (muchas veces este porcentaje se mantiene simplemente en presencia de residuos vegetales), un contenido muy alto (Sánchez, 2017). En la Figura 3 se observa la estructura interna de la lombriz de tierra.

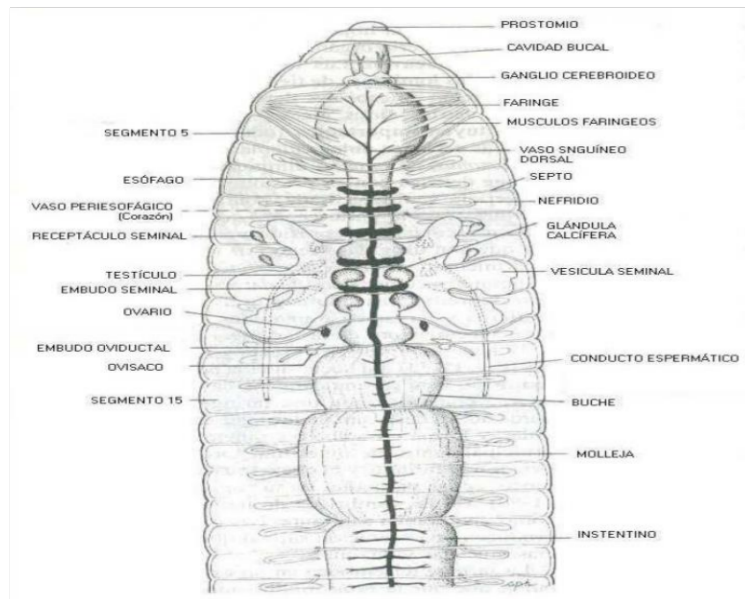


Figura 3: Vista dorsal de la estructura interna de la lombriz de tierra.

Fuente: Aguilera (2004).

2.9.7 Beneficios del vermicompost

Entre los beneficios que nos brinda podemos mencionar, ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos, humus y ulminas tienen propiedades que mejoran el suelo, además, nos brindan una estructura granular uniforme, lo que permite un mejor desarrollo radicular con una gran capacidad de intercambio gaseoso, mejorando la oxidación de la materia orgánica (Cortés & Méndez, 2019). Se puede decir que, como fertilizante orgánico tiene un alto valor nutricional, ningún abono orgánico similar lo iguala, contiene hasta 2000 millones de colonias por gramo de bacterias aeróbicas beneficiosas, hongos y actinomicetos, siendo un mejor inoculador de vida para los suelos (Cajas, 2012).

La producción de vermicompost cada día es el más utilizado ya que ayuda a reducir el impacto ambiental y mejora la calidad medio ambiente minorizando el impacto negativo de los residuos, ya que los transforman en productos de beneficio para el hombre, además de aprovechar convirtiéndolos en abono para las jardineras en los hogares (Castillo & Reyes, 2013).

Durante los últimos años la sociedad ha presentado gran interés en utilizar el vermicompost para otros fines como: supresión de hongos fitopatógenos, modificación de la absorción de metales pesados y recuperación de suelos deteriorados, entre otros (Nogales et al., 2014), estos microorganismos pueden descomponer agentes tóxicos como los pesticidas, producir moléculas orgánicas simples que las plantas pueden absorber y formar complejos de metales pesados que limitan la absorción de las plantas (Morocho & Leiva, 2019).

Es un fertilizante de primer orden, una de sus muchas funciones es que protege al suelo de erosiones por mejorar las características fisicoquímicas del suelo, lo hace más permeable al agua y al aire, afecta la retención de agua y regula la altura y la actividad del nitrato en el suelo, su

aparición oscura ocasiona la absorción de energía calórica, aumenta la resistencia a las heladas y promueve la formación de micelio de hongos, la actividad del humus de una lombriz de tierra que permanece en el suelo puede permanecer hasta cinco años (Cajas, 2012).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en un predio ubicado en la comunidad Atueloma perteneciente a la parroquia Tarqui a 17km de la ciudad de Cuenca, el trabajo experimental tuvo una duración de 3 meses desde septiembre hasta diciembre de 2020. En la Figura 4 se puede observar un mapa donde se detalla la ubicación de la zona de estudio.

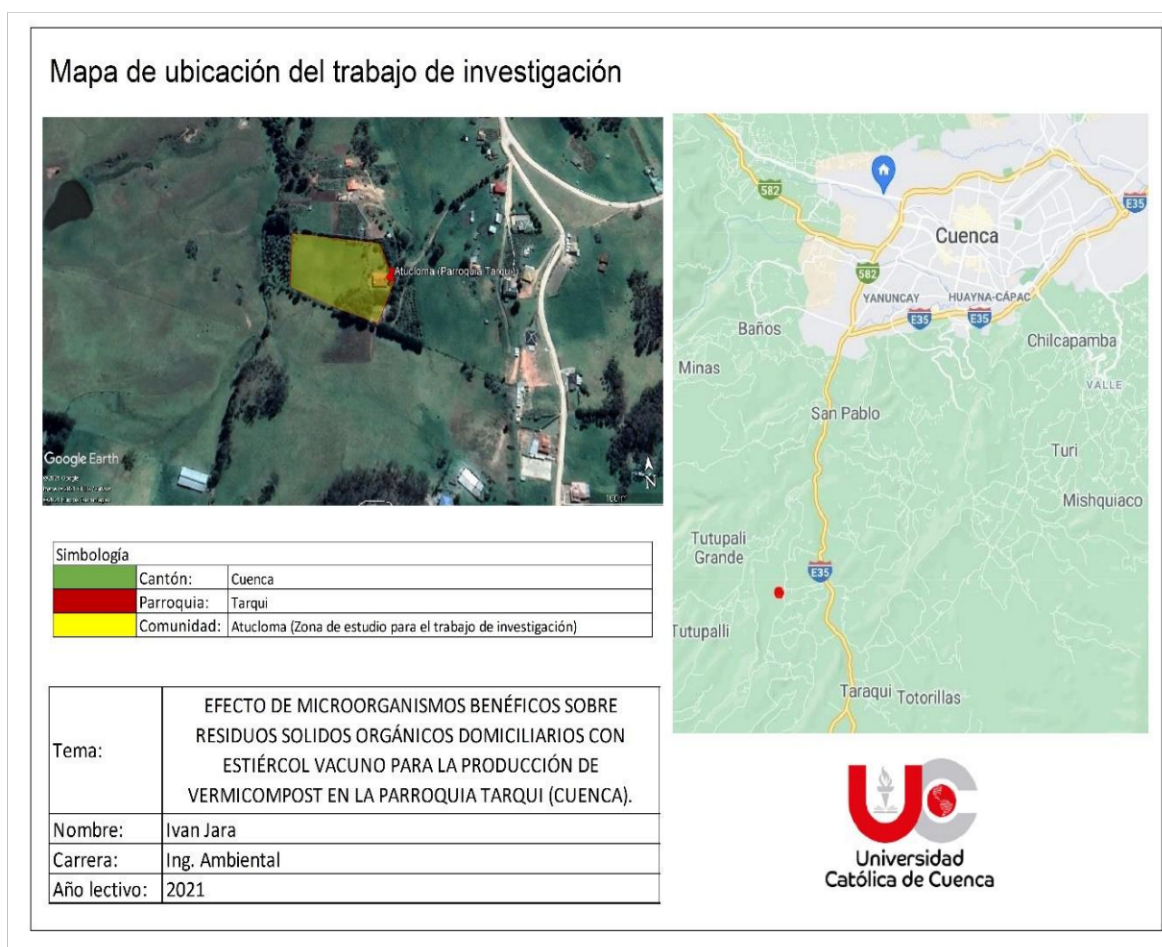


Figura 4: Ubicación de la zona de estudio.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona en donde se desarrolló la producción de vermicompost se encuentra en una típica región andina que se dedica por varias décadas a las actividades agrícola-ganadera. En la Tabla 4 se presenta cada una de las características climáticas que posee esta zona de estudio.

Tabla 4: Características climáticas de la zona de estudio.

Características	Zona de estudio
Latitud	718720
Longitud	9667003
Altitud	3.200 ms.n.m
Temperatura	12 a 20 °C
Horas Sol.	11 am a 4 pm
Evaporación	55,6 mm
Precipitación	770 mm

Fuente: GAD Parroquial Rural de Tarqui (2015).

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

Para el inicio de la elaboración de vermicompost, se necesitó contar con los materiales y equipos que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Materiales y equipos utilizados.

Materiales	Equipos
Desechos Orgánicos	Balanza
Estiércol Vacuno	Termómetro
Malla plástica	Computadora
Lombriz californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	Cámara de celular
Cajón espuma flex capacidad 30 lb	
Microorganismos benéficos	
Afrechillo de trigo	
Agua	
Fuente de lata para retiro de lixiviado	

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se realizó utilizando 2 tratamientos y 4 réplicas, en un total de 8 unidades experimentales, enfocándose en la eficacia de la aplicación de microorganismos beneficiosos (*Aeromonas sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Bacillus cereus.*, *Micrococcus sp.*, etc.), mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). En la Tabla 6 se presenta el diseño experimental que se utilizó para probar el estudio de campo.

Tabla 6: Aplicación del diseño experimental.

Diseño experimental	Unidades
Número de tratamientos	2
Número de réplicas	4
Total de unidades experimentales	8

En la Figura 5 se observa el esquema del diseño experimental que se utilizó para el desarrollo del estudio experimental.

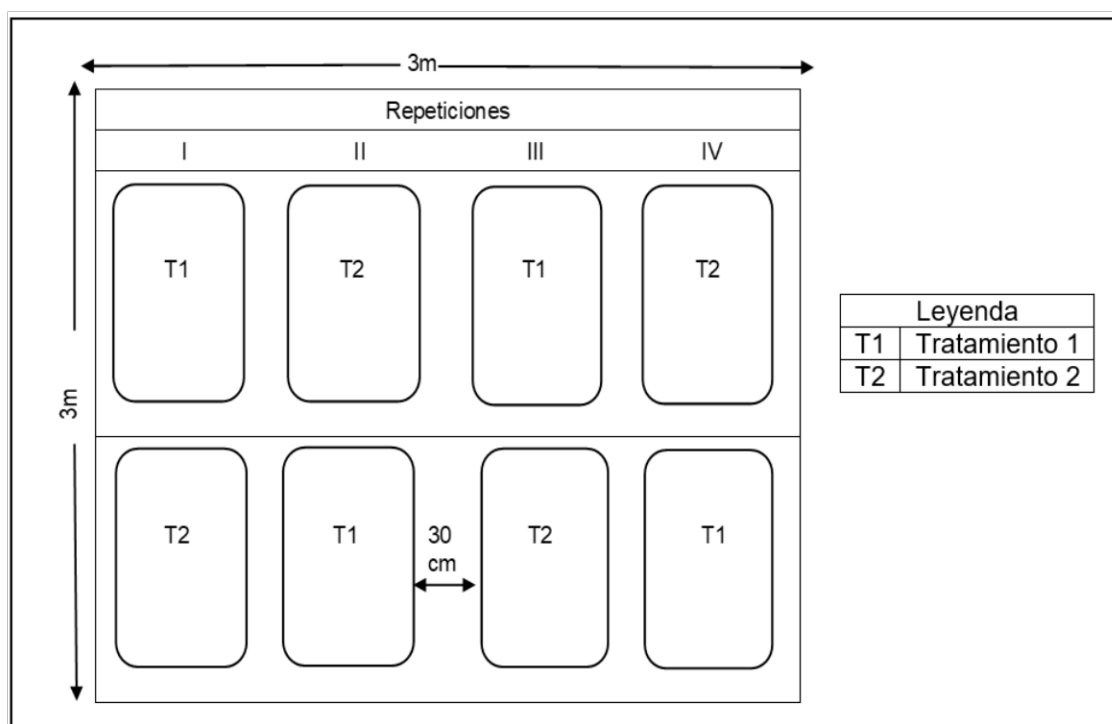


Figura 5: Esquema del diseño experimental.

3.5 TRATAMIENTOS

El estudio piloto incluyó dos tratamientos, ambos suministrados con materia orgánica, estiércol vacuno y la aplicación de la lombriz californiana *Eisenia foetida*, pero con la diferencia de adición de los consorcios microbianos al segundo tratamiento. En la Tabla 7 se presenta la descripción de los tratamientos.

Tabla 7: Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Repeticiones	Descripción	Total de materia prima por unidad experimental (gr.)
T1	4	Sin consorcio de microorganismos benéficos	8.400
T2	4	Con Consorcio de microorganismos benéficos	8.400

3.6 DELINEAMIENTO DEL EXPERIMENTO

En la Tabla 8 se describe las dimensiones que se utilizaron para el área en el que se desarrolló el estudio experimental.

Tabla 8: Dimensiones del área experimental.

Diseño experimental	Bloque al azar (BA)
Superficie de la parcela experimental	3 m ²
Largo de la caja	33 cm
Ancho de la caja	22 cm
Profundidad	38 cm
Capacidad	12 lt /30 lb
Distanciamiento entre unidades experimentales	0,30 cm

3.7 OBTENCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Los microorganismos benéficos utilizados para la elaboración de vermicompost son de procedencia de prácticas realizadas en la Universidad Católica de Cuenca.

3.8 COMPONENTES PARA LA ACTIVACIÓN DEL CONSORCIO MICROBIANO

Para la activación y el uso de los microorganismos benéficos se llevó a cabo una mezcla con los elementos presentados en la Tabla 9.

Tabla 9: Elementos usados para la activación del consorcio microbiano.

Elementos	Cantidad
Agua	17 lt
Melaza	3 lt
Solución con microorganismos	1,5 lt
Cubo Maggi	1 u

En la Figura 6 se observa algunos de los elementos usados para la activación del consorcio microbiano.



Figura 6: Elementos para la activación del consorcio microbiano.

3.9 ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS

En un recipiente (caneca) con capacidad para 5 galones, se agregaron 17 litros de agua y 3 litros de melaza, una vez incorporado los elementos con la ayuda de una varilla de madera se procedió por un par de minutos a la homogenización del preparado, ya que la estructura de la melaza posee una alta densidad, y luego de haber removido suficientemente esta mezcla, se agregó la solución que contiene los microorganismos benéficos, un cubo maggi, procediendo nuevamente a homogenizar la mezcla para dar paso al proceso de inmovilización. En la Figura 7 se observa el resultado de la mezcla realizada con los elementos mencionados anteriormente.



Figura 7: Liquido obtenido de la mezcla con los elementos.

3.10 PROCESO DE INMOVILIZACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Una vez obtenida la mezcla de los microorganismos benéficos con los ingredientes, se la colocó dentro de un recipiente el cual se tapó y se dejó en reposo durante 12 días, evitando el paso de la luz directa del sol al recipiente, cada 3 días se destapó el recipiente por un instante para la eliminación de gases acumulados dentro del mismo. En la Figura 8 se observa el estado de inmovilización de los microorganismos benéficos.

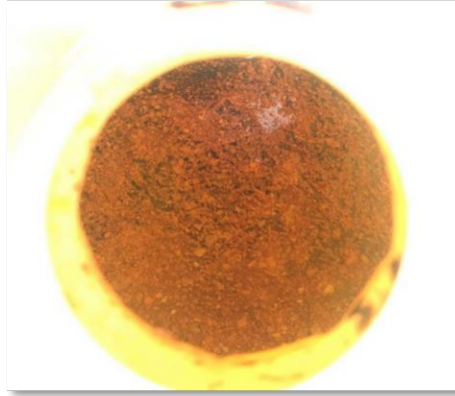


Figura 8: Estado de inmovilización de los microorganismos benéficos.

En la Figura 9 se observa en la superficie del interior del recipiente la presencia de capas blanquecinas o llamadas también consorcio microbiano.



Figura 9: Presencia de consorcio microbiano.

3.11 ADECUACIÓN DEL SITIO EN QUE SE DESARROLLÓ EL ESTUDIO EXPERIMENTAL

Inicialmente se determinó y limpió el sitio a ser utilizado para la elaboración del vermicompost, luego de lo cual, se conformó la estructura del estudio experimental en el sitio, instalándose las unidades experimentales bajo una cubierta para así mantener las condiciones ambientales que necesita el vermicompost, protegiéndola de los rayos de luz y la lluvia, en una área de tres metros cuadrados aproximadamente, además de eso, se la cercó con una lámina de plástico sujeta a tablas de madera, para evitar la incidencia de agentes externos. En la Figura 10 se observa el sitio en que se desarrolló la producción de vermicompost.



Figura 10: Sitio determinado para el desarrollo de vermicompost.

3.12 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS

Para la elaboración de vermicompost se recolectó 4.800 gramos de residuos sólidos orgánicos domiciliarios frescos, generados por la familia, por lo general entre los residuos se destacan: restos de zanahoria, col, lechuga, tomate de árbol, tomate riñón, papa, aguacate, cilantro, papaya, guineo entre otros. En la Figura 11 se observa los residuos orgánicos domiciliarios recolectados. En este estudio experimental se incluyó la clasificación de los residuos debido a que entre los restos pueden existir material que alteren los parámetros del producto, como lo son; plásticos, fundas o tallos de vegetales, los cuales poseen un proceso lento de descomposición.



Figura 11: Residuos orgánicos domiciliarios recolectados.

3.13 OBTENCIÓN DE ESTIÉRCOL VACUNO

Se obtuvo 8.000 gramos de estiércol de ganado vacuno en la parroquia Tarqui, recolectando estos residuos mediante un talego para su venta como abono, este desecho orgánico posee un porcentaje de humedad que oscila entre los 25 y 35%, para su uso en el proceso de elaboración de vermicompost. En la Figura 12 se observa el estiércol vacuno recolectado.

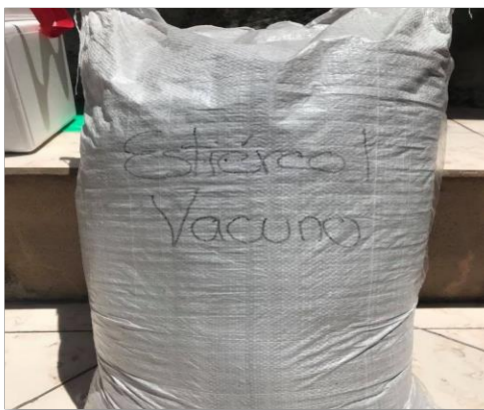


Figura 12: Estiércol vacuno recolectado.

3.14 LOMBRIZ (*EISENIA FOETIDA*)

Se obtuvo la lombriz californiana roja *Eisenia foetida* en un centro de cultivo de la parroquia San Joaquín en la ciudad de Cuenca, en donde se pesaron 3.000 gramos para ser utilizados en la producción de vermicompost. La mayoría de las lombrices obtenidas fueron de estado adulto, y se les adicionó un poco de humus de lombriz para que su adaptación al proceso sea de condiciones bioestables para ellas. En la Figura 13 se observa las lombrices para el proceso de vermicompost.



Figura 13: Lombrices californianas (*Eisenia foetida*) recolectadas.

3.15 PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES (CAJAS)

En la Figura 14 se observa los recipientes (cajas) que fueron utilizados en el estudio experimental y cuyas dimensiones son: largo: 33 cm., ancho: 22 cm., profundidad: 38 cm. La capacidad de estas unidades es de 12 Litros/30 Libras, luego, estos recipientes se perforaron en su parte inferior con orificios de un diámetro aproximado de 4 milímetros (mm), para que los lixiviados generados tengan salida hacia una lámina de lata, la cual recolectó los líquidos para su aprovechamiento en el riego de plantas, jardinería, etc., después se colocó una malla de plástico cuadrículada muy fina por dentro y por encima de los orificios, para evitar que las lombrices puedan escurrirse por los orificios. En la Figura 15 se observa el modelo del recipiente preparado para el desarrollo del vermicompost.



Figura 14: Recipientes (cajas) utilizados.



Figura 15: Recipiente preparado para su uso.

Una vez concluido con la preparación de los recipientes o unidades experimentales, a estas se las identificaron previo a la incorporación de los sustratos. En la Figura 16 se observa la identificación de los recipientes.



Figura 16: Identificación de los recipientes.

3.16 INCORPORACIÓN DE SUSTRATOS A LOS TRATAMIENTOS

Una vez obtenido los sustratos y adecuada el área de estudio se dio inicio al desarrollo del vermicompost, procediéndose a la incorporación de los sustratos recolectados ya mencionados anteriormente en cada una de las respectivas unidades experimentales, para lo cual se utilizó una balanza en la cual se pesaron y luego se adicionaron:

- 300 gramos de lombriz *Eisenia foetida*.
- 600 gramos de residuos orgánicos domiciliarios.
- 1.000 gramos de estiércol vacuno.

3.17 PROCEDIMIENTO TÉCNICO REALIZADO PARA LA OBTENCIÓN DE VERICOMPOST

Este proceso, se inició con el depósito de la lombriz californiana *Eisenia foetida* (300 gr) (Figura 17), después estiércol vacuno (1.000 gr.) (Figura 18), y por ultimo materia orgánica (600 gr.) (Figura 19), por cada unidad experimental de los tratamientos para tener las mismas condiciones en cada una de ellas, luego, se añadió la misma cantidad de materia orgánica una vez por semana, al igual que la misma cantidad de estiércol vacuno a los 30 días y luego al día 60 desde que inició el estudio experimental. En el día 60 se suspendió el depósito de sustratos y se mantuvo solamente el riego de agua para la degradación completa de la materia prima aplicada, manteniendo inalterable las condiciones del entorno que requiere el mismo.



Figura 17: Lombrices californianas (*Eisenia foetida*) colocadas.



Figura 18: Estiércol vacuno depositado.



Figura 19: Materia orgánica depositada.

La composición de materia prima aplicada a las unidades experimentales para la producción de vermicompost ocupó aproximadamente el 90% de cada uno de estos recipientes, en razón de poseer una textura abierta (existe separación en la fracción sólida) a diferencia de otros materiales como suelos terrosos o arenosos que tienen muy poca separación o espacio entre sus partículas.

En la Tabla 10 se presenta la cantidad de materia prima suministrada por unidad experimental para la elaboración de vermicompost.

Tabla 10: Materia prima suministrada por unidad experimental.

Proceso de vermicompost										
Materia prima	Registro de suministro de materia prima durante el proceso de producción de vermicompost									Total de materia prima aplicada
	25/09/2020	2/10/2020	9/10/2020	16/10/2020	23/10/2020	30/10/2020	6/11/2020	13/11/2020	20/11/2020	
Materia orgánica	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	600 gr.	5.400 gr.
Estiércol vacuno	1.000 gr.				1.000 gr.				1.000 gr.	3.000 gr.
									Total	8.400 gr.

3.18 DISTRIBUCIÓN DE LAS CAJAS

En la Figura 20 se observa la distribución de los recipientes (cajas) dentro del sitio en donde se desarrolló el estudio experimental hasta la obtención del producto, estos recipientes se dejaron con un pequeño espacio asegurar una suficiente infiltración de aire a las lombrices y promover las condiciones necesarias para la descomposición de los residuos orgánicos sólidos.



Figura 20: Recipientes (cajas) distribuidos en el sitio del estudio experimental.

3.19 INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Según lo expuesto y mencionado anteriormente sobre el procedimiento técnico realizado en los tratamientos, para el segundo tratamiento se realizó una mezcla de los consorcios microbianos benéficos obtenidos más afrechillo de trigo, ambos fueron colocados en una fuente, y con el puño de la mano se determinó una estructura semi-húmeda, de la cual se depositaron 100 gr. del preparado a cada una de las unidades experimentales del segundo tratamiento; este riego se

realizó una vez por semana desde que inicio el estudio experimental hasta el día 60, después se suspendió el depósito y se mantuvo solamente el riego de agua hasta la degradación completa de la materia prima aplicada. En la Figura 21 se observa los microorganismos mezclados con afrechillo de trigo.



Figura 21: Microorganismos con afrechillo de trigo.

3.20 CONTROL DE HUMEDAD EN EL PROCESO DE VERMICOMPOST

La principal característica de unas condiciones óptimas del vermicompost es mantener la consistencia de su estructura con un máximo de hasta el 80 % de humedad, lo cual se logra controlando de manera constante la humedad de la materia prima aplicada. Para lograr esta consistencia, pasando un día se voltea la materia prima, luego se recoge un puñado de la misma, y apretando la mano se verifica que, si se disgrega en la mano está seco, si se desprenden gotas de agua es porque está demasiado húmedo, más, si esta permanece compactada se confirma que está en buenas condiciones, este proceso se realizó pasando un día, desde el inicio del proceso hasta el término del mismo. En la Figura 22 se observa la aplicación del método de puño mencionada anteriormente para el control de humedad en las unidades experimentales.



Figura 22: Control de humedad.

3.21 RECOLECCIÓN DE HUMUS

La recolección de humus se realizó a los 90 días de haber iniciado el estudio, para esto se aplicó el método de cosecha al término del proceso, y en razón que ya no se administraba alimentos la lombriz se concentró en la superficie poblándola casi totalmente, luego se depositó la materia prima contenida en los recipientes sobre una lona de plástico colocada en el piso, y se

procedió a retirarlas manualmente con el fin de obtener el humus. En la Figura 23 se observa las lombrices una vez realizado el método de la cosecha. Se depositaron por separado cada una de las unidades experimentales de los tratamientos aplicando el mismo método de cosecha para la obtención del humus. En la Figura 24 se observa el registro de peso de humus.



Figura 23: Cosecha de lombrices.



Figura 24: Registro de peso de humus.

3.22 OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO

Una vez terminada esta experimentación, se recogió y pesó 1.000 gr. del tratamiento de cada una de sus unidades experimentales, se mezclaron debidamente dentro de un recipiente grande y luego se extrajo 500 gr. como muestra de cada uno de los tratamientos, luego de lo cual se procedió a su envase para su posterior envío al laboratorio Biociencia en la ciudad de Quito, donde se realizó un análisis de las características del vermicompost obtenido. En la Figura 25 se observa una muestra del vermicompost obtenido una vez concluido el proceso de este.



Figura 25: Vermicompost obtenido.

En la Figura 26 se observa las muestras que fueron enviadas previas a su análisis en el laboratorio Biociencia en la ciudad de Quito.



Figura 26: Muestras de vermicompost para su análisis.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad el aprovechar los residuos sólidos orgánicos domésticos generados por una familia, mezclando con estiércol vacuno procedente de la zona para obtener abono orgánico a través de la técnica vermicompost, con la aplicación de microorganismos benéficos, a fin de determinar la calidad del producto.

4.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO

4.1.1 Análisis estadístico químico

a) pH

Los resultados identificaron una ligera desigualdad entre los dos tratamientos, y según su escala estos resultados son alcalinos. En base a la norma mexicana (2008), estos se encuentran dentro de los rangos óptimos para compost (5,5 – 8,5), por tanto, ambos tratamientos cumplieron con las normas establecidas, y su influencia dentro de suelos ácidos sería óptima ya que neutralizaría la acidez de los suelos. En la Tabla 11 se muestran los resultados respecto al pH que reportaron los tratamientos.

Tabla 11: Resultados del análisis del pH.

Tratamiento	pH
T1	8,0
T2	8,3

En la Figura 27 se presenta el pH registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

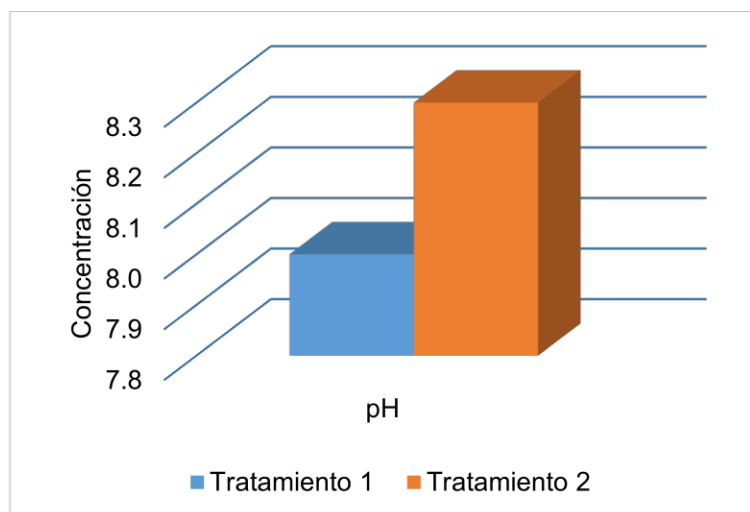


Figura 27: Comparación de los resultados del análisis del pH.

Durán & Henríquez (2007), en su investigación sobre residuos domésticos obtuvieron un pH de 8,2, en relación con los resultados obtenidos de los tratamientos no existe diferencia ya que son igualmente alcalinos. Guerrero (2013), obtuvo en su investigación con estiércol bovino para proceso de vermicompost 7,43, el cual es un valor un poco alejado de los resultados, pero sigue siendo considerado alcalino.

b) Conductividad eléctrica

Los resultados determinaron que el tratamiento 2 fue el que mayor conductividad tiene con un valor 3,49 mS cm⁻¹, mientras que el tratamiento registro un valor menor de 1,869 mS cm⁻¹. La conductividad eléctrica indica cuanto mayor sea la concentración de sales solubles al final del tratamiento, menor será la capacidad de la planta para absorber nutrientes y crecer. En base a lo expuesto, el tratamiento 1 presentó menor conductividad eléctrica. En la Tabla 12 se muestran los resultados respecto a la conductividad eléctrica que reportaron los tratamientos.

Tabla 12: Resultados del análisis de la conductividad eléctrica.

Tratamiento	Conductividad eléctrica expresada en mS cm⁻¹
T1	1,869
T2	3,49

En la Figura 28 se presenta la conductividad eléctrica registrada en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

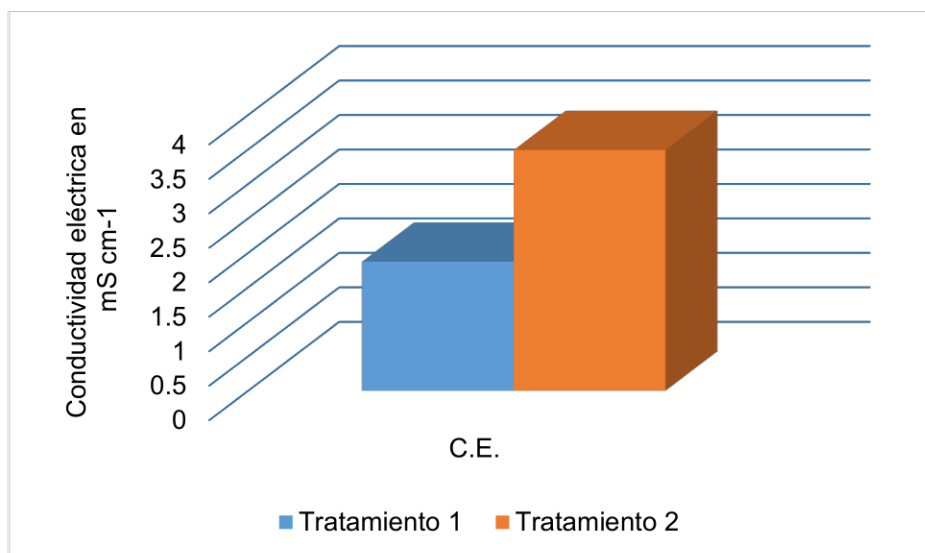


Figura 28: Comparación de los resultados del análisis de la C.E.

La norma mexicana (2008), indica que el valor de conductividad del vermicompost debe ser de 4 ds / m, y en comparación con los resultados obtenidos, se determinó que ambos tratamientos se encontraban dentro del rango requerido, tenían una menor concentración de sales solubles. Demostrando que el humus obtenido de los tratamientos es el indicado para su uso como nutriente vegetal o para una óptima recuperación ecológica. Mogollón, Martínez, & Torres (2015), en su investigación sobre el efecto de aplicación de vermicompost presentó un valor de C.E.: 0,48 dS/m., mientras que Guerrero (2013), obtuvo en su investigación con estiércol bovino valores de C.E.: 1,64, por tanto, se puede decir que el valor puede variar según el origen del sustrato.

c) Relación C/N

En los resultados obtenidos se determinó que hubo mayor relación C / N en el tratamiento 2, que fue un valor de 9,2, mientras que el tratamiento 1 obtuvo un valor de 8. La relación C / N indica el nivel de madurez del vermicompost, si el valor es menor, la madurez es mayor de acuerdo con los estándares mexicanos (2008), el vermicompost debe alcanzar la relación ≤ 20 , por lo que los dos tratamientos están dentro del rango requerido, indicando que tuvieron un mayor degradación de materia orgánica, por tanto en base a lo expuesto el tratamiento uno es el que mejor relación C/N posee. En la Tabla 13 se muestran los resultados respecto a la relación C/N que reportaron los tratamientos.

Tabla 13: Resultados del análisis de la relación C/N.

Tratamiento	Relación C/N
T1	8
T2	9,2

En la Figura 29 se presenta la relación C/N registrada en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

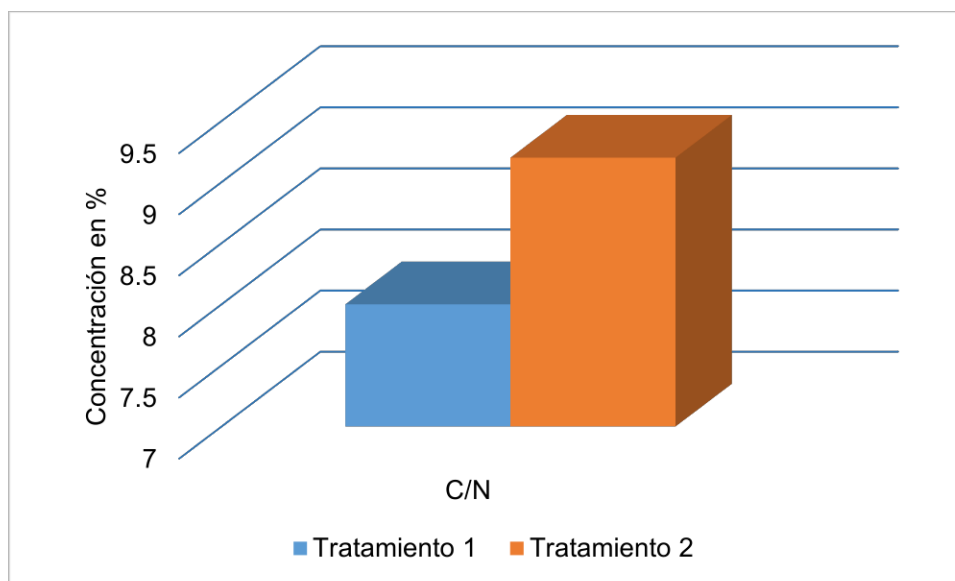


Figura 29: Comparación de los resultados del análisis de la relación C/N.

Mogollón, Martínez, & Torres (2016), en su estudio de la incidencia de vermicompost, presentó una relación C/N de 10,77, siendo mayor a los resultados obtenidos. Durán & Henríquez (2007), en su estudio, obtuvieron una relación C / N de 5,6 utilizando residuos domésticos como sustrato, lo que representa un nivel mucho menor al obtenido, por lo que la relación C/N es altamente dependiente del sustrato utilizado en el compost.

d) **Carbono orgánico**

Según los resultados obtenidos se registró que el tratamiento dos tuvo mayor porcentaje de carbono orgánico obteniendo un valor de 27,3%, a diferencia del tratamiento uno que obtuvo un valor de 24,4%. La presencia de carbono orgánico nos indica la actividad biológica que existe en el vermicompost, ambos se encuentran dentro de los rangos 14-30% según lo indica la norma (2008), por tanto, podemos decir que el tratamiento 2 es el que mayor actividad biológica posee. En la Tabla 14 se muestran los resultados respecto al carbono orgánico que reportaron los tratamientos.

Tabla 14: Resultados del análisis del carbono orgánico.

Tratamiento	Carbono orgánico
T1	24,4
T2	27,3

En la Figura 30 se presenta el carbono orgánico registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

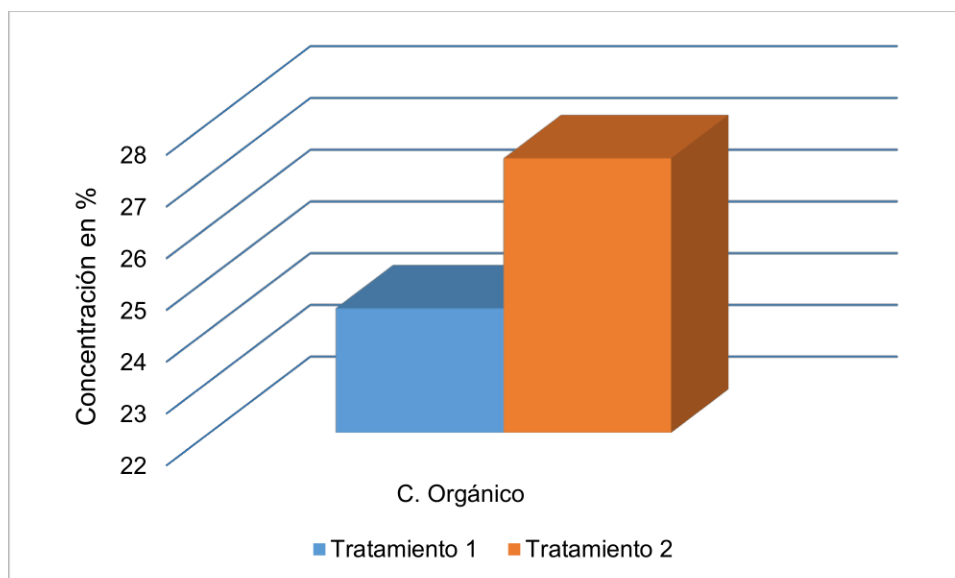


Figura 30: Comparación de los resultados del análisis del carbono orgánico.

Durán & Henríquez (2007), en los resultados de su estudio sobre la evaluación de vermicompost derivado del estiércol obtuvieron un valor 19,2%, y de igual manera Guerrero (2013), obtuvo 18,81% en su estudio sobre la evaluación del vermicompost obtenido de rumiantes, siendo de menor valor los resultados en ambos estudios, a diferencia de los resultados obtenidos que son mayores. Restrepo, Salazar, & Suarez (2010), obtuvieron de vermicompost de rumen de bovino 29%, su nivel fue mayor a los registrados, por tanto, como se mencionó anteriormente estos valores mientras mayores sean, mayor actividad biológica existirá en el vermicompost.

e) Calcio

Según los resultados presentados se determinó que existe una mayor cantidad de concentración de calcio en el primer tratamiento con un valor de 5,641, mientras que el segundo tratamiento obtuvo un valor menor de 4,985, siendo el tratamiento 1 el que mayor valor posee, encontrándose cerca de los niveles de calcio para abonos compostados que contiene rangos de 6,0 a 11%, según las normas 2008. En la Tabla 15 se observa los resultados presentados con respecto al calcio que presentaron los tratamientos.

Tabla 15: Resultados del análisis del calcio.

Tratamiento	Calcio
T1	5,641
T2	4,985

En la Figura 31 se presenta el calcio registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

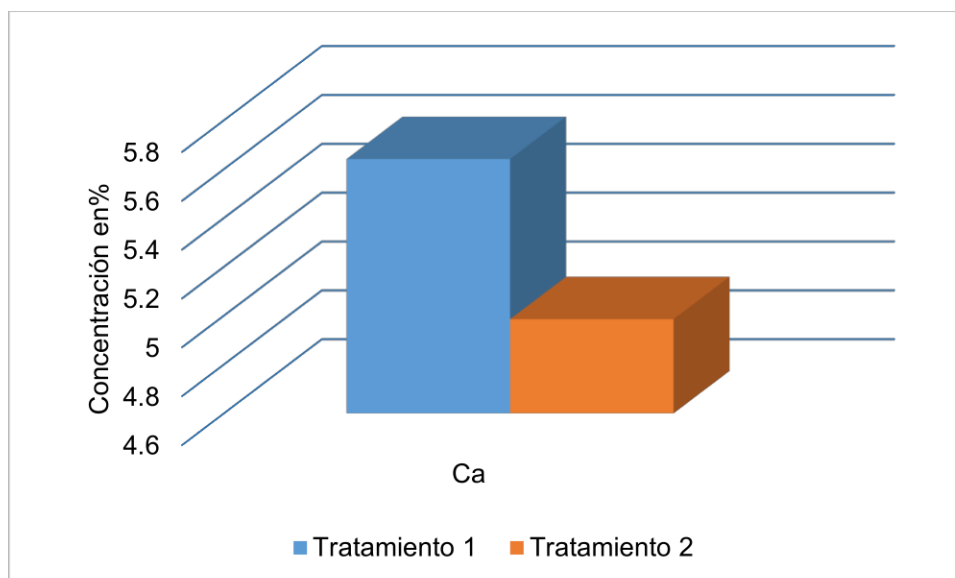


Figura 31: Comparación de los resultados del análisis del calcio.

Durán & Henríquez (2007), reportaron altos contenido de calcio con valores obtenidos de 5,6%, utilizando como sustrato residuos domésticos, los valores obtenidos en los tratamientos demostraron que el tratamiento 1, obtuvo la misma cantidad con respecto al valor obtenido por el auto mencionado anteriormente, pero, de igual manera el segundo tratamiento que se encuentra con carga microbiana registro un valor menor con respecto al primer tratamiento.

f) Magnesio

Los resultados determinaron que hubo una mayor cantidad de concentración de magnesio en el segundo tratamiento con un valor de 1,320, mientras que el primer tratamiento obtuvo un valor menor de 0,871, su diferencia se debe a la presencia de microorganismos benéficos en el segundo tratamiento. En la Tabla 16 se observa los resultados presentados con respecto al magnesio que presentaron los tratamientos.

Tabla 16: Resultados del análisis del magnesio.

Tratamiento	Magnesio
T1	0,871
T2	1,320

En la Figura 32 se presenta el magnesio registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

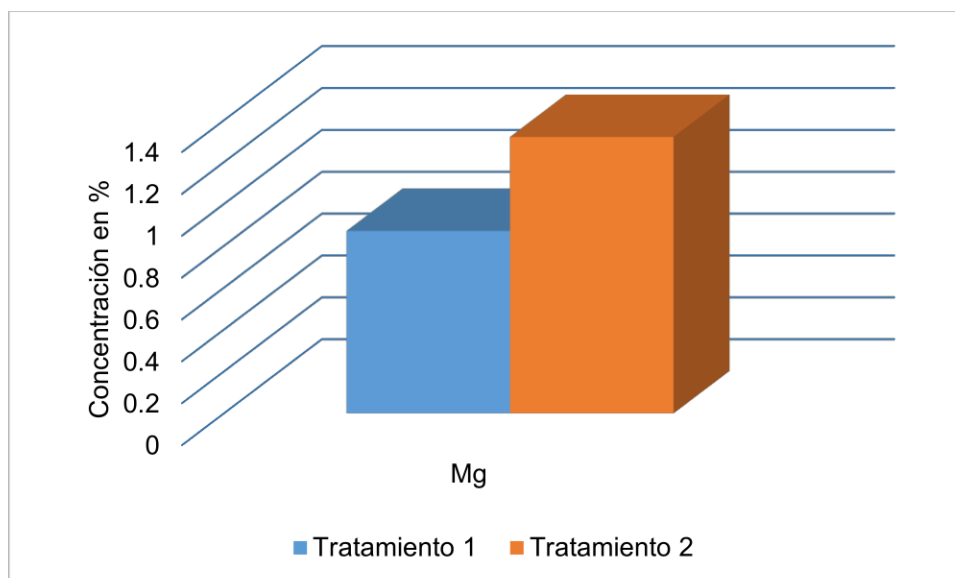


Figura 32: Comparación de los resultados del análisis del magnesio.

Durán & Henríquez (2007), en su estudio de investigación realizado, reportaron en cuanto al contenido de magnesio un valor de 0,6% utilizando como sustrato residuos domésticos, los valores registrados en ambos tratamientos fueron mayores a los presentados por el autor, existiendo una diferencia de mayor cantidad de concentración en el segundo tratamiento, lo cual se puede deber a la carga microbiana, mencionando que en ambos casos se trabajó con residuos domésticos.

g) Azufre

En los resultados registrados se determinó que existe una mayor cantidad de concentración de azufre en el segundo tratamiento obteniendo un valor de 0,182, mientras que el primer tratamiento obtuvo un valor menor de 0,11, siendo el tratamiento 2 el que mayor valor posee, la participación de microorganismos benéficos en el segundo tratamiento puede ser la diferencia en la concentración de azufre. En la Tabla 17 se observa los resultados presentados con respecto al azufre que presentaron los tratamientos.

Tabla 17: Resultados del análisis del azufre.

Tratamiento	Azufre
T1	0,11
T2	0,182

En la Figura 33 se presenta el azufre registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

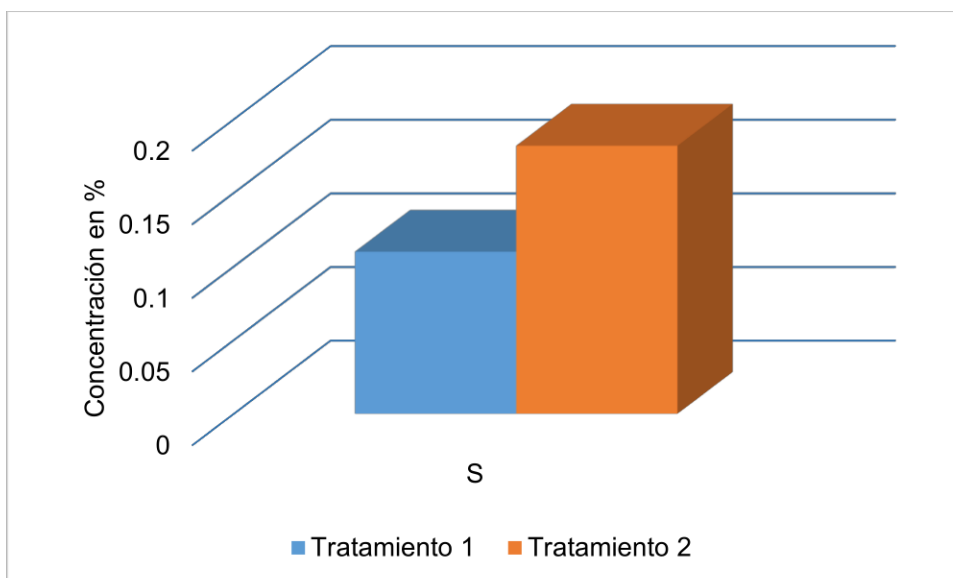


Figura 33: Comparación de los resultados del análisis del azufre.

Zamora (2012), en su estudio sobre la descripción química y microbiológica de vermicompost preparados con estiércol bovino, presentó valores altos de azufre con 0,37, mientras que en los resultados obtenidos en ambos tratamientos se presentaron resultados menores al valor obtenido por el autor mencionado anteriormente, actuando de manera positiva en el vermicompost, la diferencia de materia orgánica utilizada influye mucho dentro de los contenidos de nutrientes del vermicompost.

h) Sodio

En los resultados presentados se determinó que existe una mayor cantidad de concentración de sodio en el segundo tratamiento con un valor de 16 ppm, mientras que el primer tratamiento obtuvo un valor menor de 11 ppm, la incidencia de microorganismos benéficos muestra y efecto puede ser la diferencia de concentración respecto a la mayor cantidad que posee el segundo tratamiento. En la Tabla 18 se observa los resultados presentados con respecto al sodio que presentaron los tratamientos.

Tabla 18: Resultados del análisis del sodio.

Tratamiento	Sodio
T1	11 ppm
T2	16 ppm

En la Figura 34 se presenta el sodio registrado en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

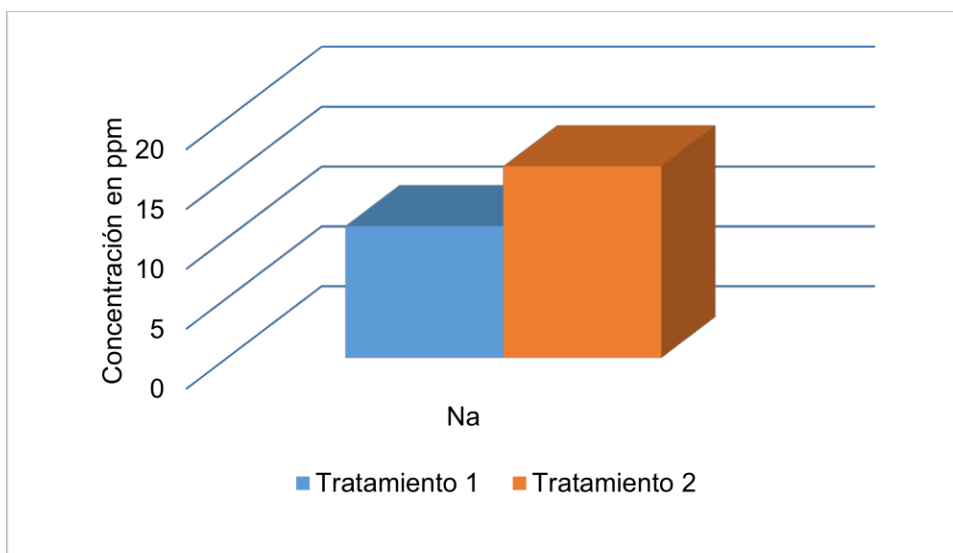


Figura 34: Comparación de los resultados del análisis del sodio.

Romero & Mendoza (2018), en su estudio sobre la producción de vermicompost a base de estiércol bovino, registro un contenido de sodio alto con un valor de 51,50 ppm, lo cual diferencia mucho de los valores obtenidos en ambos tratamientos, esto puede deberse a la distinta incorporación de materia prima agregada para el desarrollo de vermicompost.

i) Materia orgánica

Según los resultados presentados se determinó que existe mayor concentración de materia orgánica en el segundo tratamiento, registrando un valor de 22, mientras que el primer tratamiento determinó una menor concentración con un valor de 18, deduciendo que los microorganismos benéficos identificados en el tratamiento 2, metabolizaron la materia orgánica de manera más rápida que el tratamiento 1. En la Tabla 19 se observa los resultados presentados con respecto a la concentración de materia orgánica que presentaron los tratamientos.

Tabla 19: Resultados del análisis de materia orgánica.

Tratamiento	Materia orgánica
T1	18
T2	22

En la Figura 35 se presenta la materia orgánica registrada en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

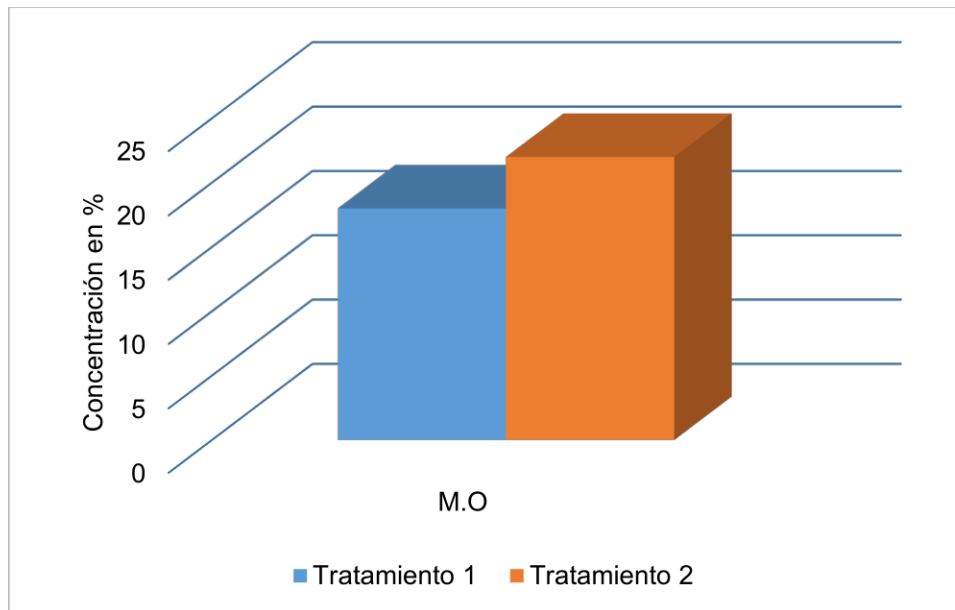


Figura 35: Comparación de los resultados del análisis de materia orgánica.

Durán & Henríquez (2007), obtuvieron vermicompost a partir de residuos domésticos estos contenían un 29% de materia orgánica, a diferencia de los resultados obtenidos en otros tratamientos. Guerrero (2013), en su estudio registró contenido de materia orgánica obtenida del estiércol de ganado en un 32%, concluyendo que los desechos domésticos tienen un mejor rendimiento. De acuerdo con la norma mexicana (2008), el contenido de materia orgánica del vermicompost debe estar en el rango de 20-50%, en comparación con los resultados obtenidos se determinó que el segundo tratamiento se encuentra dentro de los rangos de la normativa.

j) Ácido fúlvico y húmico

En los resultados presentados el tratamiento 2 resultó mayor en las concentraciones de los ácidos, obteniendo un porcentaje en Ácido fúlvico 15,5% y en Ácido húmico 2,2%, mientras que el tratamiento 1 registro en Ácido fúlvico 12% y en Ácido húmico 1,9. Estos ácidos se clasifican como sustancias, debido a que induce reacciones superficiales con otros compuestos, formando complejos, directamente o mediante iones metálicos, por otro lado, formando también complejos con productos fitosanitarios y participando en el proceso lo menciona Porta, López, & Roquero (2003), en base a lo expuesto podemos decir que el tratamiento 2 es el que mayor concentración contiene en ácidos. En la Tabla 20 se muestran los resultados respecto a los ácidos fúlvicos y húmicos que reportaron los tratamientos.

Tabla 20: Resultados del análisis de ácido fúlvico y ácido húmico.

Tratamiento	Ácido fúlvico	Ácido húmico
T1	12	1,9
T2	15,5	2,2

En la Figura 36 se presenta los ácidos fúlvicos y húmicos registrados en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

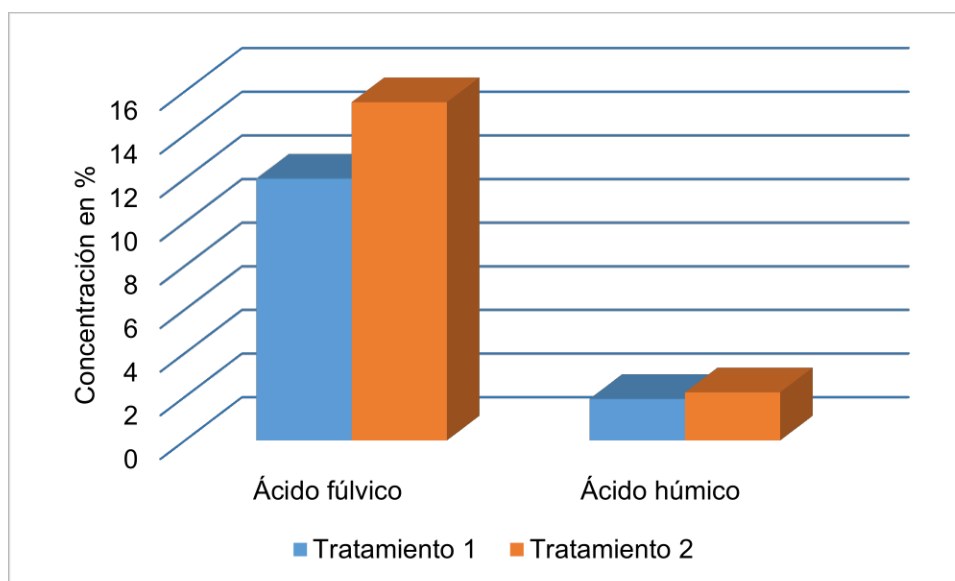


Figura 36: Comparación de los resultados del análisis de los ácidos fúlvicos y húmicos.

Guerrero (2013), en su estudio de caracterización y valoración agronómica del vermicompost obtenido del bovino registro concentraciones de ácidos húmicos y fúlvicos con valores de 8,23% y 9,13%, resultados muy por debajo a los obtenidos, mientras que, Arancon & Edwards (2005), determinó concentraciones de 17% en ácidos húmicos y 13% en ácidos fúlvicos, refiriéndose a que sus valores son aceptables en vermicompost procedentes de fuentes orgánicas, siendo estos valores mayores a los resultados presentados, por lo mencionado anteriormente, mientras más concentración exista mayor beneficio aportará al vermicompost.

k) Macronutrientes

En los resultados registrados el tratamiento 2 obtuvo valores más altos con respecto al nitrógeno y fósforo de N: 2,35% y F: 0,562%, esto debido a que contó con la aplicación de microorganismos benéficos, además se obtuvo una mayor concentración de potasio en el tratamiento 2 mostrando un valor de 1,51215, este fue mayor con respecto al tratamiento 1, la diferencia que existente se debe a la presencia en el tratamiento 2 de microorganismos benéficos. En la Tabla 21 se observan los resultados respecto a los macronutrientes que reportaron los tratamientos.

Tabla 21: Concentraciones químicas de los macronutrientes.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
T1	1,445	0,155	1,103
T2	2,351	0,562	1,521

En la Figura 37 se presenta los macronutrientes registrados en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

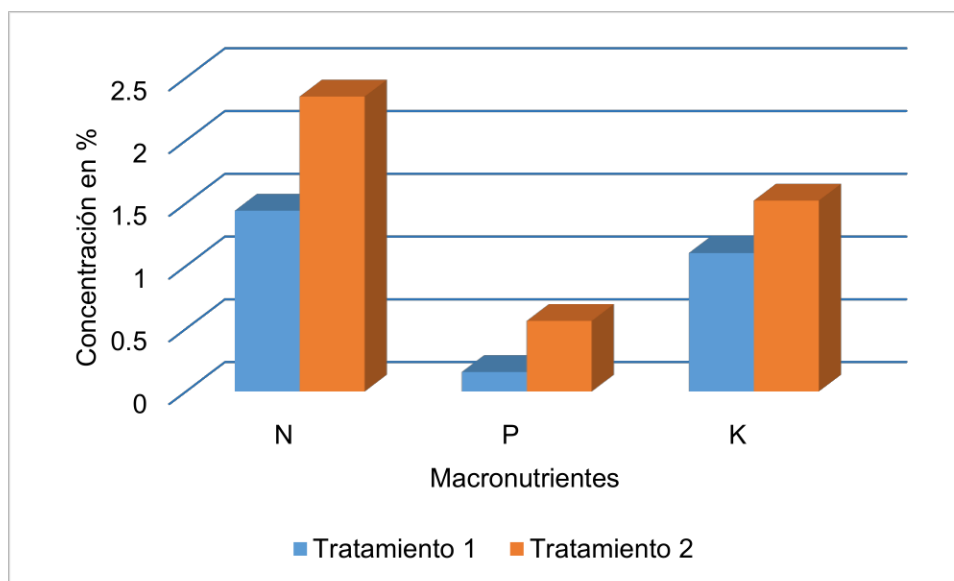


Figura 37: Comparación de los resultados del análisis de macronutrientes.

Castillo & Reyes (2013), en la evaluación de su estudio registraron valores menores en nitrógeno de 0,57% y al mismo tiempo indica que el contenido de potasio registró una mayor concentración, siendo esta menor a los resultados obtenidos. Dúran & Henríquez (2007), obtuvieron resultados de fósforo de 1,7% utilizando sustratos domésticos, mostrando una diferencia mayor en cuanto al fósforo, se añade, que las propiedades finales del vermicompost difieren según la naturaleza de las fuentes orgánicas utilizadas en su preparación.

I) Micronutrientes

Los mejores valores se obtuvieron el tratamiento 2, siendo estos en Manganeso, Zinc, añadiendo que solamente en fósforo el tratamiento 1 lo superó. En cuanto al zinc se registró un valor de 112 ppm en el tratamiento 1 y 122 ppm en el tratamiento 2, mientras que en el manganeso su diferencia era menor entre ambos, dada la expresión de los resultados se puede decir que su diferencia se debe a la adición de microorganismos que tuvo el tratamiento 2, estos valores fueron transformados en porcentaje para su representación gráfica. En la Tabla 22 se muestran los resultados respecto a los micronutrientes que reportaron los tratamientos

Tabla 22: Concentraciones químicas de los micronutrientes

Tratamiento	Hierro	Manganeso	Zinc
T1	1,1	0,77	112 ppm
T2	0,955	0,88	122 ppm

En la Figura 38 se presenta la concentración de Fe, Mn, registrados en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

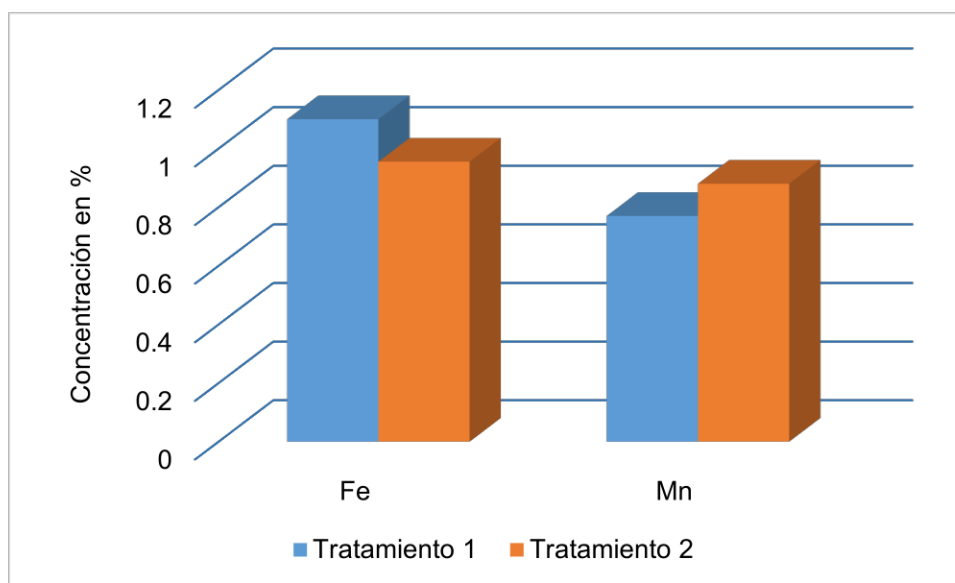


Figura 38: Comparación de los resultados del análisis del hierro y manganeso.

González, Rodríguez, Trejo, Sánchez, & García (2013), en su estudio realizado en base a la influencia por interacción de vermicompost registraron valores bajos en contenido de micronutrientes (<1pp), los resultados se obtuvieron a partir de una mezcla de medios de compostaje de diferentes tipos de pasto, pero con diferencias ligeramente mayores en los resultados obtenidos. Hay poca información disponible para estandarizar las concentraciones de nutrientes, debido a la gran variación en los materiales de compost y vermicompost (Hargreaves, Adl, & Warman, 2009).

4.2 DETERMINACIÓN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO

4.2.1 Análisis estadístico físico

Los mayores valores en los resultados presentados registró el tratamiento 2 a diferencia del tratamiento 1 que presentó una menor concentración en todos ellos, esto puede deberse a la carga biológica inoculada. Estos tratamientos poseen una conductividad eléctrica saturada que favorecen a los suelos que contienen un alto contenido de arcilla, ya que son suelos muy finos. La humedad aprovechable es óptima ya que cada metro cúbico de tierra va a tener la misma cantidad de agua. La humedad saturada es buena, esta demuestra que puede ayudar de manera relevante

para la estructura y la porosidad del suelo, que afecta la curva de retención de agua. En la Tabla 23 se muestran los resultados respecto a las propiedades físicas que reportaron los tratamientos.

Tabla 23: Características físicas del vermicompost.

Tratamiento	O ₂ %	d	Conductividad hidráulica saturada ks cmh ⁻¹	Humedad aprovechable ml ml ⁻¹	Humedad saturada ml ml ⁻¹	Humedad residual ml ml ⁻¹	Infiltración acumulada cm	Porosidad total %
T1	2,45	0,67	0,327	0,858	0,9621	0,052	22,5	0,2652
T2	5,52	0,53	0,485	0,879	0,9873	0,065	26,3	0,3652

En la Figura 39 se presenta las propiedades físicas registradas en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

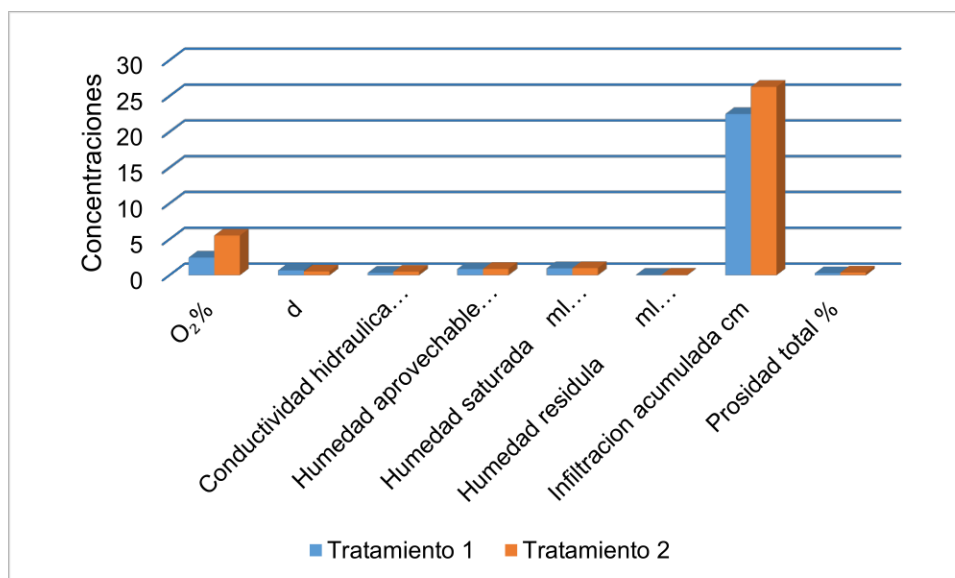


Figura 39: Comparación de las características físicas del vermicompost.

Hernández, Guerrero, Marmol, Barcenás, & Salas (2008), en su estudio sobre las propiedades físicas según tamaño de partícula de dos tipos de vermicompost obtenido a partir de estiércol de vaca mezclado con residuos de frutos de palma aceitera., registraron valores de densidad aparente de 0,33, para el vermicompost de grano grueso y 0,57, para el vermicompost de grano fino provenientes de la mezcla de estiércol vacuno con restos de palma aceitera (VEPG), estos valores fueron aproximados a los obtenidos.

También Hernández, Guerrero, Marmol, Barcenás, & Salas (2008), menciona que el porcentaje de porosidad total que obtuvo en vermicompost de grano fino con mezcla de estiércol vacuno y restos de palma fue de 61% y la menor medida estuvo dentro de la misma fuente de alimentación de la lombriz, pero dentro del grano grueso, con 39,10%; registrándose diferencias significativas

($p < 0,01$) entre ambas, el segundo valor en grando grueso se encontró más cercano a los resultados obtenidos, con respecto al resto de parámetros existe escasa información acerca de los análisis biofísico tomados por el laboratorio en el vermicompost obtenido.

4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL VERMICOMPOST MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LABORATORIO

4.3.1 Identificación de los microorganismos presentes en el estudio experimental

En la Tabla 24 se presentan los microorganismos y sus concentraciones que reportaron los tratamientos.

Tabla 24: Microorganismos presentes en los tratamientos.

Microorganismos	Tratamiento 1 log cfu g-1	Tratamiento 2 log cfu g-1
<i>Acremonium sp.</i>	0,2514856	1,5624855
<i>Actinomyces sp.</i>	1,2011247	2,0166973
<i>Apiospora sp.</i>	0,6598451	2,6012478
<i>Arthrobacter sp.</i>	0,3651876	1,3951324
<i>Aspergillus japonicus</i>	0,6598744	1,3201545
<i>Bacillus cereus</i>	1,8546597	1,0879131
<i>Bacillus mycoides</i>	0,5841351	0,9657415
<i>Bacillus subtilis</i>	1,5842177	0,8652143
<i>Bacillus polymyxa</i>	0,396589	1,1705048
<i>Bacillus pumilus</i>	1,1065124	2,8543153
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	1,3851217	1,5478432
<i>Curtobacterium sp.</i>	1,8561244	2,6540584
<i>Micelia sterilia</i>	0,521308	1,1412471
<i>Paxillus spp.</i>	1,2258456	1,9568742
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,9858978	1,5214787
<i>Rodospirillum sp.</i>	0,6325487	1,2895472
<i>Streptomyces griseus</i>	2,9562148	1,1014785
<i>Thiobacillus sp</i>	1,25485457	2,3265487
<i>Trichoderma hamatum</i>	2,6521258	1,2301545

Fuente: Bionika Laboratorios.

Estos tratamientos contaron con la presencia de 19 especies de microorganismos presentes. La aplicación de microorganismos benéficos sobre el tratamiento 2, tuvo un efecto significativo, aumentando la concentración poblacional de los microorganismos presentes en los tratamientos, en la gráfica siguiente se puede observar claramente la causa de su efecto.

En la Figura 40 se presenta las concentraciones microbiológicas registradas en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

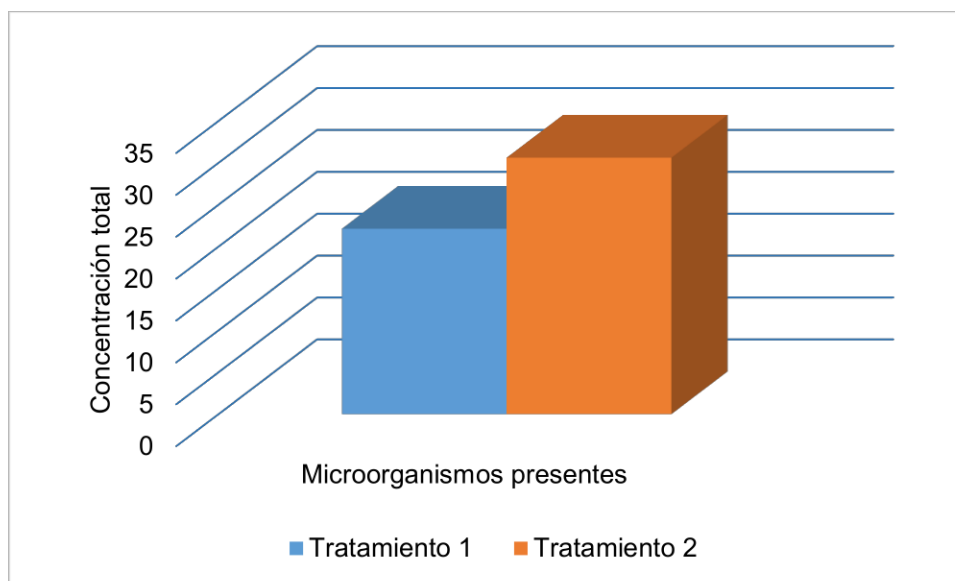


Figura 40: Comparación de la concentración de microorganismos en los tratamientos.

4.3.2 Características de los microorganismos presentes en los tratamientos.

En base a la identificación de los microorganismos presentados anteriormente, se pudo hacer una clara diferencia de que consorcios participan más en cada tratamiento.

En la Figura 41 se presenta la concentración de microorganismos benéficos en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio, además, se observa que la incidencia de microorganismos presentes en el segundo tratamiento influyó en las concentraciones microbiológicas por lo que se presenta una mayor diferencia entre el tratamiento 1 y el tratamiento 2, de tal manera que la presencia del tratamiento 2 es más consistente y brinda una mayor calidad de nutrientes al producto.

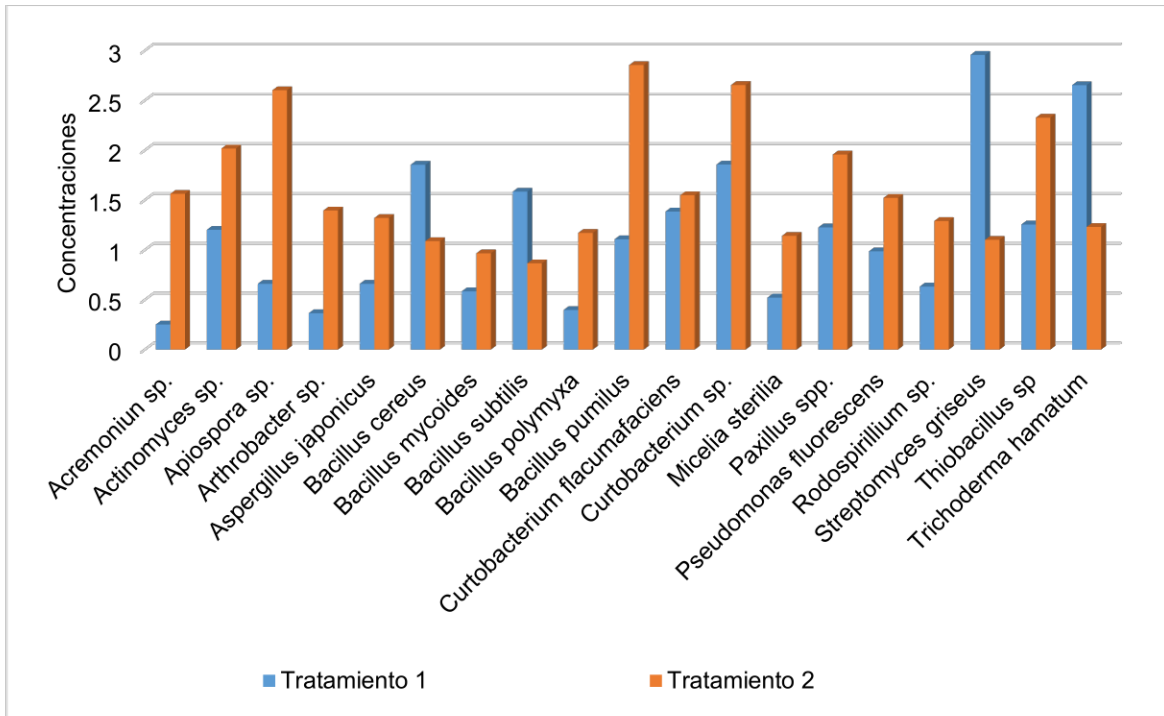


Figura 41: Concentración de microorganismos benéficos en los tratamientos.

Acremonium sp. es un hongo microscópico muy cosmopolita, eficiente micro parásito de lignina, estrictamente aerobio a fin Ph ácidos, por lo general, se aíslan del suelo y son los principales productores de metabolitos secundarios. Representa una gran cantidad de especies, algunas de las cuales pueden causar enfermedades y oportunidades a los seres humanos, animales y plantas (Padilla, 2012).

Actinomyces sp. capaz de descomponer sustancias complejas, como lignocelulosa, quitina y peptidoglicanos, que contribuyen significativamente a la mineralización de estos compuestos en el suelo y en el compost. (Lacey, 1973), importante productor de antibióticos en los núcleos de M.O. mineralizada.

Apiospora sp. formador de micelas, polímeros quelatantes de material mineral originario de la mineralización de M.O.

Arthrobacter sp. biocatalizador de M.O. desdoblador lignino y ceulolítico, biocatalizador de azufre. Actúa como rizo bacteria promotoras del crecimiento vegetal (Surendra, 2009).

Diferentes inóculos han sido probados para mejorar el desarrollo de las plantas al mejorar las bacterias y microorganismos de las raíces, la producción y la calidad de los cultivos, entre otros: *Alcaligenes sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Azotobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, (Amini, Farahani, Sharghi, & Zahedi, 2015).

Aspergillus japonicus: biocatalizador de vitaminas en lechos de compost, eficientes para el cultivo. Es un microorganismo que secreta una gran cantidad y variedad de enzimas, razón por la

cual se eligió producir la enzima en estado sólido para fermentación y cultivo (Veana, Aguilar, Viader, & Rodríguez, 2011).

Bacillus cereus: solubilizador de componentes potásicos del suelo, eficiente productor de biopolímeros. Interactúa con otros microorganismos en la biosfera de una especie vegetal en particular; estos se benefician gracias a su capacidad de prevenir el ataque de determinados patógenos y favorecer su crecimiento (Jensen, Hansen, & Mahillon, 2003).

Bacillus mycoide: antagonistas potenciales de fitopatógenos, importante sanitizante fitopatogénico, tolera altas temperaturas, desarrolla endosporas.

Bacillus subtilis: eficiente productor de antibióticos iturinicos y surfatinicos, amplia fama de biopolímero, forman endosporas (una por célula) que son altamente resistentes a condiciones adversas. La especie *Bacillus subtilis* es uno de los productores más importantes de metabolitos con actividad antifúngica y antibacteriana del género, formación y crecimiento de raíces (Tsavkelova, 2007).

Bacillus polymixa: importante regulador de hongos, solubilizador micótico de estructuras por sus metabolitos por medio de bacitracinas.

Bacillus pumilus: poblaciones dependientes de condiciones de Ph ácidos y alta temperatura especialmente al inicio de la fase. Las especies y cepas del género *Bacillus* producen sustancias con acción antimicrobiana, incluidos los antibióticos, lo que permite su uso en el control biológico de fitopatógenos.

Curtobacterium flaccumfaciens: saprofito identificado dentro de las poblaciones de regulación de maduración de compost. Bacteria pleomórfica, Gram-positiva, no mótil, no produce esporas, estrictamente aeróbica y quimio-organoheterótrofa, de lento crecimiento en cultivos (González, 2005).

Curtobacterium sp: bacteria trasciente de suelos, esporádica, con alta capacidad metabólica en todos los estadios de producción de compost.

Mycelia sterilia: micorriza especialmente importante en la última fase de la producción de compost de apariencia blanquecina filamentosa.

Paxillus spp: basidiomicetes, eficientes desdobladores de M.O. bioindicadores de la madurez de compost, aportan con materia orgánica.

Pseudomonas fluorescens: bacteria benéfica localizada especialmente en proceso de quelación de hierro, se la considera una bacteria BPC. Biofertilizantes que estimulan el desarrollo de las plantas (Anilkumar, 2004).

Streptomyces griseus: desdoblador de M.O. en todas las fases de transformación, notoria por su producción de ácidos húmicos y fúlvicos.

Thiobacillus sp: biocatalizador y predigestor de azufre incluso en la formación de proteínas complejas. Donadores de electrones y CO₂ como fuente de carbón, utilizada como control de mal olor (Rodríguez, 1997).

Trichoderma hamatum: bioestabilizador de sistema radicular tanto en la formación de biomasa como de fitohormonas especialmente de auxinas, promotoras del crecimiento vegetal. También ejercen control biológico en las plantas de enfermedades de cultivo (He, 2007, & Naik, 2010).

4.3.3 Análisis biológico de los microorganismos benéficos

- Entre los microorganismos mencionados se destaca en base a las funciones que cumplen *Aspergillus japonicus* considerado un biocatalizador de vitaminas en lechos de compost, eficientes para los cultivos.
- Se observan cinco géneros de *bacillus*, esto es importante ya que nos ayuda en el control de insectos de la tierra, además, este género es considerado como bacterias beneficiosas.
- Existe la presencia de *Trichoderma* o también llamadas micorrizas, estas aumentan la actividad biológica del suelo, por tanto, hay presencia de microorganismos ayudando a recomponer la tierra.
- El análisis realizado demuestra una biocatalización continua, con la mejora del medio donde se programa su aplicación, con beneficio bioquímico, microbiológico, biofísico y mineral.
- La mayor destreza de consumo lo muestran la versatilidad de los biocatalizadores, la expresión bioquímica es sincrónica a la población microbiana y existe un equilibrio entre la materia prima y el resultado de la biocatalización de estos.

4.3.5 Evaluación de la concentración del número de lombrices presentes en los tratamientos

Una vez iniciado el proceso de producción de vermicompost, se evaluó el crecimiento del número de lombrices presentes en los tratamientos, ya que estos individuos produjeron diferencias significativas en las características del mantillo al recolectar, debido a la cantidad de gusanos presentes en los tratamientos, mayor será el consumo de materia orgánica al igual que su degradación.

En la Figura 42 se presenta la concentración aproximada de la presencia del número de lombrices en los tratamientos al cabo de 90 días del estudio.

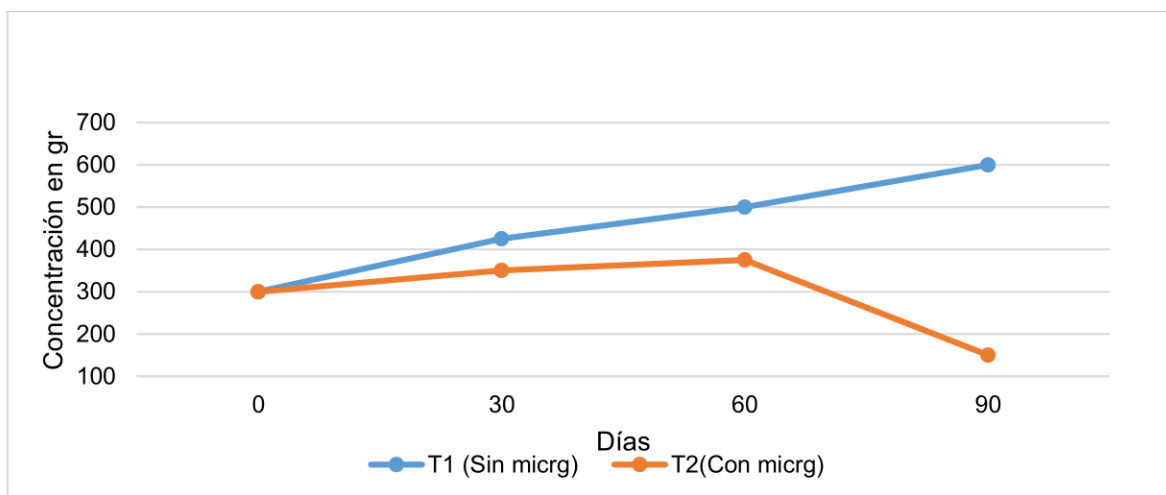


Figura 42: Concentración del número de lombrices durante el proceso de vermicompost.

Durante el proceso de elaboración, el comportamiento de las lombrices se incrementó durante los primeros 30 días en ambos tratamientos, pero, en el primero de estos se duplicó la cantidad inicial hasta el final del proceso (90 días), mientras que en el segundo tratamiento en la cual se realizó la aplicación de los microorganismos benéficos descendió después de los 60 días de haber iniciado el proceso de producción de vermicompost, mostrando una diferencia significativa en la concentración del número de lombrices entre los tratamientos.

Una vez finalizado el proceso de producción de vermicompost se aplicó el método de cosecha de la lombriz, y se pudo distinguir claramente que, el primer tratamiento contó con una mayor presencia de número de lombrices a diferencia del segundo tratamiento que registró un número muy por debajo de lo esperado, la diferencia significativa que existe entre ambos puede estar relacionada a la presencia del consorcio microbiano benéfico en el segundo tratamiento, ya que muchos de ellos poseen la característica de degradar materia orgánica, lo que incidió en menor cantidad de sustento para las lombrices afectando de manera directa en su reproducción. En la Figura 43 se observa la concentración del número de lombrices.



Figura 43: Concentración del número de lombrices.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- En los resultados obtenidos del análisis químico, el primer tratamiento registró un pH de 8, mientras que el segundo tratamiento tuvo un pH de 8,3. El tratamiento 1 determinó un mayor porcentaje de calcio a diferencia del segundo.
- En base a los resultados analizados, se determinó que el tratamiento 2 presentó una mayor concentración de nutrientes y un alto porcentaje de ácidos húmicos, los cuales contribuyen a una mejor calidad fisicoquímica del abono.
- La aplicación del consorcio microbiano benéfico al segundo tratamiento registró un mayor aumento de concentraciones en ácidos fúlvicos y húmicos, en macronutrientes destacaron el N., P., K., y en micronutrientes resaltó el Fe., Mn., y Zn. También se determinó una mayor concentración de microorganismos, entre los cuales se destacan: *Pseudomonas*, *Streptomyces sp*, *Bacillus sp*, *Aspergillus*, *Arthobacter sp*, *Actinomyces sp* y *Trichodermas*.
- El tratamiento 1, presentó una mayor población de lombrices californianas *Eisenia foetida* la mayoría de ellas en estado adulto, concluyendo que, su incremento se debe a una mayor presencia de cantidad de materia orgánica, ya que dentro del tratamiento 2 los microorganismos no solamente pueden mejorar la calidad del producto, sino que una función de muchos de ellos es la degradación de materia orgánica, incidiendo por tanto en una menor cantidad de alimento para las lombrices.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar los efectos de los microorganismos utilizando distintos tipos de excreta en el proceso de vermicompost.
- Realizar un análisis sobre el porcentaje de transformación de materia orgánica que presente la técnica de compost y de vermicompost, con la aplicación de microorganismos benéficos con igual suministro de sustratos.
- Comprobar mediante un estudio la incidencia de consorcios microbianos benéficos en la reproducción de la lombriz *Eisenia foetida*, con distinto tipo de sustrato.
- Se recomienda la aplicación de microorganismos benéficos con vermicompost durante el desarrollo de crecimiento de las plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, L. (2004). Evaluación del efecto de la densidad poblacional inicial y dos ambientes sobre el crecimiento de la Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la IX Región. *Universidad Católica de Tamuco*, 23, 28, 30, 31, 32. Tamuco-Chile.
- Alvarado, X. (2014). Manejo de Desechos Sólidos. *Costa Rica: Universidad de Costa Rica*.
- Amini, S., Farahani Maleki, S., Sharghi, Y., & Zahedi, H. (2015). Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron .
- Anilkumar, A. (2004). Vanilla cultivation: A profitable agrbased enterprise. *Kerala Calling*, 1:26-30.
- Arancon, Q., & Edwards, A. (2005). Effects of vermicompost on plants growth. *Paper presented during the International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries (ISWVT 2005)*, 25. Philippines.
- Arellano, L., Cruz, M., & Huerta, C. (2014). El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más. *Instituto de Ecología, A. C.*, 40 pp. Xalapa, Veracruz, Mexico.
- Ávila, D., & Ochoa, M. (2013). Propuesta para el manejo integral de los desechos sólidos de la población urbana del cantón Nabón. (*Tesis Licenciada en Gestión para el Desarrollo Local Sostenible*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Benaouda, M., Ronquillo, M. G., Molina, L. T., & Ortega, O. A. (2017). Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol.8(no.4), 965-974.
- Bonilla, M., & Nuñez, D. (2012). Plan de manejo ambiental de los residuos sólidos de la ciudad de Logroño. (*Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental*). Departamento de Ciencias de la Tierra. Escuela Politécnica del Ejército Vicerrectorado de Investigación y vinculación con la Colectiva, Sangolquí. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6341/1/T-ESPE-031981.pdf>
- Bueno, M. (2015). *Elabora tu propio lombricompost: El mejor humus para tu huerta, macetas y jardín*. Navarra: La Fertilidad de la Tierra. Obtenido de Navarra: La Fertilidad de la Tierra.
- Cajamarca, D. (2012). Procedimiento para la elaboración de abonos orgánicos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca*.

- Cajas, M. B. (2012). Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil. (*Tesis Ingeniera Agropecuaria*). Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Guayaquil. Obtenido de Facultad de educación técnica para el desarrollo.
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonasspp. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 14(2), 15 - 31.
- Castillo, J. D., & Reyes, E. M. (2013). Aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex, mediante la técnica del vermicompostaje. (*Tesis Licenciado en Ciencias Ambientales*). Facultad de Planeación Urbana y Regional. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo. Estado de México.
- Cevallos, K. F. (2016). Efecto del incremento de la concentración de microorganismos eficaces, en la calidad del compost obtenido a partir de estiércol de bovinos, en el Cantón Yaguachi, Guayas-Ecuador-2013. (*Tesis de Doctor en Ciencias Ambientales*). Escuela de Posgrados. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes-Perú.
- Cóndor, A. F., González Pérez, P., & Lokare, C. (2013). Effective Microorganisms: Myth or reality. *Revista Peruana de la Biología*, 14(2), 315-319. Obtenido de <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1837>.
- Cortés, J., Cortés, & Méndez, C. (2019). Propuesta para el aprovechamiento de residuos orgánicos provenientes del cultivo de trucha arcoíris mediante la técnica de vermicompostaje para la obtención de abono orgánico. *Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Facultad de Ingeniería. Universidad de la Salle*. Bogotá.
- Crespo., E. C., Chulim., Á. C., Montoya., R. B., Pineda., J. P., Canales., R. F., López., P. J., & Santiago., G. A. (2014). Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista fitotecnia mexicana.*, vol.37(no.3), . 25 (1): 59-67.
- Delgado, J. (2011). El uso de la lombricultura en cultivos de ciclo corto y su incidencia en la conservación del suelo agrícola en el sitio Punta y Filo del cantón Chone. (*Tesis para la obtención de Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad Ecología y Medio*

- Ambiente*). Carrera de Ciencias en la Educación, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador.
- 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. Obtenido de <https://doi.org/10.2054/ijcmas.2017.604.188>
- Diver, S. (2001). Nature Farming and Effective Microorganisms, Rhizosphere II. *Publications, Resource Lists and Web Links from Steve Diver*.
- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez, M. (2010). *Vermicompostaje: las lombrices de tierra mejoran el trabajo. Microbios en acción*. Vigo-España. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/256742084_Microbes_at_Work
- Dúran, L., & Henriquez, C. (2007). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *AAgronomía Costarricense*, 31(1), 41-51.
- FAO. (2014). Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos.
- Gámez, L. A. (2016). Efecto de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en la producción de vermicompost. (*Tesis de Ingeniero en Gestión Ambiental*). Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas.
- García, A. R. (2015). Flujos de agua y de solutos disueltos en suelos de corrales de engorde de ganado vacuno. Implicaciones potenciales en la calidad de los recursos hídricos locales. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Coruña. Departamento de Ciencias da Navegación e da Terra.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Tarqui. *Municipalidad de Cuenca*. CUENCA. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160026230001_PDOT%20TARQUI%202015_29-10-2015_22-19-52.pdf
- Gómez, J. G. (2016). Diagnóstico del Impacto del Plástico - Botellas Sobre el Medio Ambiente: Un Estado del Arte. (*Tesis para Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales*).

Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Santo Tomás, Facatativá,
Cundinamarca.

- González, K., Rodríguez, M., Trejo, L., Sánchez, J., & García, J. (2013). Propiedades químicas de téis de vermicompost.
- González, A. T. (2005). Bacterial wilt of beans (*Phaseolus vulgaris*) caused by *Curtobacterium flaccumfaciens* in Southeastern Spain. *Plant Disease*, 89:1361.
- González, Y. T. (2018). Aprovechamiento de los residuos orgánicos y la implementación de biohuertos domiciliarios en el asentamiento humano Millpo Cachuana del Distrito de Ascensión-Huancavelica. (*Tesis en Ciencias de la Ingeniería. Ecología y Gestión Ambiental*). Escuela de Posgrado. Facultad de Minas, Civil y Ambiental. Universidad de Posgrados, Huancavelica-Perú.
- Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina. *Banco de Desarrollo de América Latina*. Buenos Aires. Obtenido de Banco de desarrollo de América Latina.:
https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1247/Economia_circular_e_innovacion_tecnologica_en_residuos_solidos_Oportunidades_en_America_Latina.pdf?sequence=9&isAllowed=y
- Guerrero, J. (2013). Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de *Eisenia Foetida* obtenido del contenido ruminal de bovino. (*Tesis para la obtención de grado de maestro en Ciencia en Producción Agrícola sustentable*. Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, Michocán, México.
- Gupta, V. (2012). Beneficial Microorganisms for sustainable agriculture. 347-369.
- Hargreaves, J., Adl, M., & Warman, P. (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. Obtenido de <https://doi.org/10.002/jsfa.3456>
- He, X. (2007). Biocontrol of root rot disease in Vanilla. *Tesis Ph.D.* University of Wolverhampton, Reino Unido.
- Hernández, J., Guerrero, F., Marmol, L., Barcenas, J., & Salas, E. (2008). Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia*, 33(9).

- Ibrahim, M., Singh, R., Embrandiri, A., & Esa, N. (2011). Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(4), 423-434.
- INEC. (2018). *Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos.: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>
- Izquierdo, M. (2016). Proyecto de factibilidad en la producción de humus de lombriz y compost con microorganismos eficientes para el agro en la Provincia de Santa Elena. (*Tesis de Ingeniero Agropecuario*). Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del Azuay, Cuenca-Ecuador.
- Jensen, G., B. Hansen, J. E., & Mahillon, J. (2003). The hidden lifestyles of *Bacillus cereus* and relatives. *Environ. Microbio*, 5: 631-640.
- Lacey, L. (1973). Actinomycetes in soils, composts and fodders. *Actinomycetales: Characteristics and Practical Importance*. Academic Press, London, 231-251. SYKES, G., SKINNER, F. A.
- Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. *Unidad de Microbiología Aplicada. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias*. Obtenido de <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file#:~:text=Las%20m%C3%A1s%20importantes%20son%20bacterias,microorganismos%20e>
- Ludeña, M. J. (2019). Efecto de los microorganismos eficaces en las descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Gálvez. (*Tesis de Ingeniero Ambiental*). Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- MAE. (2018). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- Mejía, E., & Ramos, S. (2019). Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la empresa pública municipal mancomunada de aseo de los cantones Colta, Alausí y Guamote,

- mediante tratamientos biológicos. Co-compostaje, Vermicompostaje y Takakura. (*Tesis de Ingeniero en Biotecnología Ambiental*). Escuela de Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10799/1/236T0430.pdf>
- Mogollón, J., Martínez, A., & Torres, D. (2016). Efecto de la Aplicación de Vermicompost en las Propiedades Biológicas de un Suelo Salino-Sódico del Semiárido Venezolano. *Bioagro*, 28(1).
- Mogollón, J., Martínez, A., & Torres, D. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Ciencias del Suelo: Química, Física, Biología, Bioquímica e Hidrología*, 64 (4), 315-320.
- Moreno, A., García, L., Cano, P., Martínez, V., Marquéz, C., & Rodríguez, N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2).
- Morocho, I. M. (2012). Alternativas de manejo para reducir el impacto de las excretas bovinas en los establos lecheros. (*Tesis Ingeniero Zootecnista*). Escuela de Ingeniería Zootécnica. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Morocho, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2).
- Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. (*Tesis de Ingeniero Agrónomo*). Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Nogales, R., Romero, E., & Fernández, M. (2014). Vermicompostaje: Procesos, productos y aplicaciones. *Madrid: Mundi- Prensa*.
- Odoh, C. K. (2017). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A bioprotectant bioinoculant for sustainable agrobiolgy. *International Journal of Adanced Research in Biological Science*, 4, 123-142.
- Okumoto, S. (2003). Uso de inoculante microbiano para la elaboración de abono orgánico. *Taller de abonos orgánicos*.

- ONU. (2017). *Programa para el medio ambiente*. Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día. Obtenido de: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Padilla, M. (2012). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los metabolitos secundarios detectados por fermentación en medio líquido de *Acremonium sp.* nativo del páramo de Cruz Verde. (*Tesis para Microbiólogo Industrial*). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Departamento de Microbiología, Bogotá, D.C.
- Parés, R., & Juárez, A. (2012). *Bioquímica de los microorganismos*. Barcelona: Reverté. S.A.
- Peréz, G. B. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región centro occidente de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1).
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., & Patiño, T. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, vol.46(no.4).
- Raffino, M. E. (2021). Microorganismo. Argentina. Obtenido de <https://concepto.de/microorganismo/>
- Restrepo, O., Salazar, D., & Suárez, J. (2010). Efecto del contenido de rumen como sustrato en la composición físico química del lombricompost. *Trabajo experimental. Instituto Tecnológico Agrícola*, 4. Bogotá-Colombia.
- Rodríguez, H. (1997). Oxidación biológica (*Thiobacillus*) de gases azufrados y uso del efluente como fertilizante agrícola. (*Tesis para el grado en Ciencia Agrícolas con Especialidad en Agua-Suelo*). Universidad Autónoma de Nuevo Leon, México.
- Romero-Mendoza, M. (2018). Producción de vermicompost a base de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y estiércol de bovino lechero. *Agro Productividad*, 3, 8.
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.
- Sánchez, J. M. (2017). Vermicompostaje de residuos orgánicos con lombrices del género *Eisenia*. Caracterización del producto. (*Tesis de grado en Ingeniería Agrícola*). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad de Sevilla., Sevilla.

- Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2014). *Gobierno Central y local fortalecen la adecuada gestión de residuos sólidos*. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/gobierno-central-y-local-fortalecen-la-adecuada-gestion-de-residuos-solidos/>
- SENPLADES. (2015). *Gestión Integral de Desechos Sólidos*. Priorización para la Secretaría Nacional de Planificación (SENPLADES) del proyecto de: Gestión Integral de Desechos Sólidos. Obtenido de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>
- Soriano, M., Molina, M., Llinares, J., Pons, V., & Ingelmo, F. (2012). *Estabilización de residuos de vinazas y lodos de depuradora tras un proceso de vermicompostaje con estiércol de conejo en condiciones de laboratorio*. Obtenido del Primer simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.: <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A27.pdf>
- Surendra, G. S. (2009). Development of plant growth promoting microorganisms consortia technology for ex vitro establishment of micropropagated vanilla (*Vanilla planifolia* Andr.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). Recuperado el 20 de mar de 2011, de <http://www.kauhort.in>
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>
- Toalombo, R. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). *Universidad Técnica de Ambato. Ambato*.
- Torrejon, M. K. (2016). Proporción de estiércol de vacuno y aserrín sobre las características físicas y químicas del vermicompost. (*Tesis Ingeniero Agrónomo*). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú.
- Travez, L. F. (2010). Diseño de la unidad de lavado, secado y molienda para el proceso de obtención de harina de lombriz. (*Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico*). Facultad de Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Tsavkelova, E. T. (2007). Orchid-associated bacteria produce indole-3-acetic acid, promote seed germination, and increase their microbial yield in response to exogenous auxin. . *Arch. Microbiol*, 88: 655-664.

- Uyaguari, E. (2012). Manejo de residuos vegetales de los mercados de Cuenca para la elaboración de abonos orgánicos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca*. Cuenca.
- Valderrama, O., & Isaza, J. (2011). Programa de reciclaje y disminución del consumo de papel. *Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia*.
- Veana, F., Aguilar, C., Viader, J., & Rodríguez, R. (2011). Invertasa del género *Aspergillus* y su Impacto Biotecnológico. *Biotecnología*, 15(1).
- Velázquez, & Ramos. (2015). *Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K en la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas*. México: Applied Biotechnology South America, S.A. de C.V.
- Veleceta, S. (2019). Pretratamiento de estiércol vacuno para producción de humus supresor a través de la interrelación de *Eisenia foetida* y microorganismos benéficos. (*Tesis de Doctorado en Ingeniería en Ciencias Ambientales*). Doctorado en Ingeniería y Ciencias. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Veleceta, S., Meza, V., García, S., Alegre, J., & Salas, C. (2019). Vermicompost enriquecido con microorganismos benéficos bajo dos sistemas de producción y sus efectos en el rábano (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 10(2).
- Villegas, C. V., & Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.
- Zamora, K. (2012). Descripción química y microbiológica de lixiviados y téis de vermicompost y su efecto en la supresión de la enfermedad "Ojo de gallo" (*Mycena citricolor* Berk y Curt) Sacc, en hojas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica*.

ANEXOS

Anexo 1: Materiales para el estudio experimental.



Anexo 2: Sitio para el estudio experimental.



Anexo 3: Unidades experimentales.



Anexo 4: Adición de residuos orgánicos domiciliarios.



Anexo 5: Estiércol vacuno.



Anexo 6: Lombriz californiana



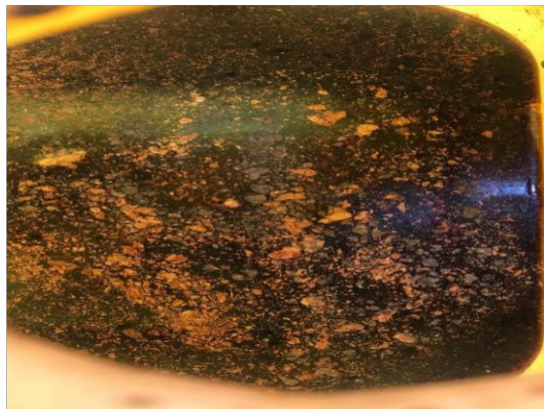
Anexo 7: Peso de lombriz.



Anexo 8: Elementos para la activación de microorganismos benéficos.



Anexo 9: Inmovilización de microorganismos.



Anexo 10: Materia prima para suministro.



Anexo 11: Peso de estiércol vacuno.



Anexo 12: Control de humedad.



Anexo 13: Riego de estiércol vacuno.



Anexo 14: Riego de materia orgánica.



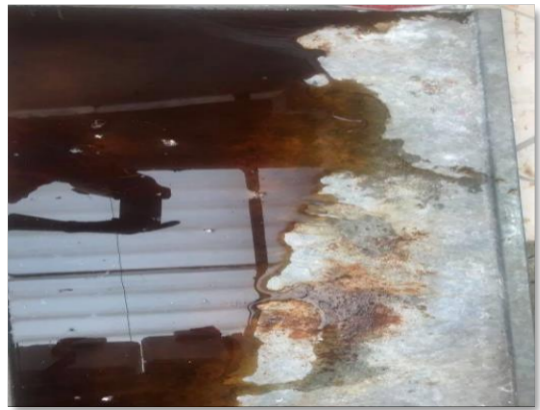
Anexo 15: Peso y riego de materia orgánica.



Anexo 16: Proceso de descomposición de sustratos.



Anexo 17: Recolección de lixiviado.



Anexo 18: Lombrices adultas registradas.



Anexo 19: Cosecha de lombrices.



Anexo 20: Cosecha de vermicompost.



Anexo 21: Vermicompost obtenido.





ANALISIS QUIMICO DE CALIDAD Y CONTENIDO DE FERTILIZANTES ORGANICOS.

ANALISIS DE LABORATORIO

PSL No. 1187 – Contenido y Calidad de Fertilizantes Organicos.

Fecha toma de muestra: 06.01.2021

Solicitado por: Ing. Ivan Jara Abad

Tipo de muestra: Abono Orgánico

Orden de trabajo No.: 1187

Email: ivan_jara@live.com

Fecha laboratorio: 25.01.2021

Telf: 097931316

Localidad: Selva Alegre

Factura No.: 4621

RESULTADOS

	Muestra 1	Muestra 2
ITEM	VALORES	
pH	8.0	8.3
ce	1,869 mS cm-1	3.49 m cm-1
N	1,445 %	2.351 %
P	0.155 %	0.562 %
K	1.103 %	1.521 %
Ca	5.641 %	4.985 %
Mg	0.871 %	1.320 %
S	0.11 %	0.182 %
Fe	1,1 %	0.955 %
Mn	0,77 %	0.88 %
Zn	112 ppm	122 ppm
Na	11 ppm	16 ppm
MO	18 %	22 %
C/N	8 %	9.2 %
C. orgánico	24.4 %	27.3 %
Ácidos fúlvicos	12 %	15.5 %
Ácidos húmicos	1,9 %	2.2 %

Dr. Carlos Falconi Ph.D.
BIONIKA LABORATORIOS
drfalconi-labs@biosoftware.de

Anexo 23: Resultados de los análisis físicos obtenidos de los tratamientos



ANÁLISIS BIOFÍSICO DE COMPOST

PSL No. 1187

Localidad:	Parroquia el Batán	Provincia:	Azuay
Fecha de muestreo:	06.01.2021	Tel.:	097931316
Fecha de resultados:	25.01.2021	email:	ivan_jara@live.com
Tipo de sustrato:	compost	Forma física:	solida
Orden de Trabajo:	1187		
Fractura No.:	4621		

MUESTRA	PARAMETRO							
	O ₂ %	d	Conductividad hidráulica saturada Ks cmh ⁻¹	Humedad aprovechable ml ml ⁻¹	Humedad saturada ml ml ⁻¹	Humedad residual ml ml ⁻¹	Infiltración acumulada cm	Porosidad total %
Muestra 1	2.45	0.67	0.327	0.858	0.9621	0.052	22.5	0.2652
Muestra 2	5.52	0.53	0.485	0.879	0.9873	0.065	26.3	0.3652

Dr. Carlos Falconi Ph.D.
 BIONIKA LABORATORIOS
drfalconi-labs@biosoftware.de
 0999796977 - 0988087239 - 6023531

Anexo 24: Resultados de los análisis biológicos obtenidos de los tratamientos



Fecha de Muestreo: 06.01.2021
 Fecha de Laboratorio: 24/01/2021
 Solicitado por: Sr. Ivan Jara Abad
 Orden de trabajo: psl 1187
 Sustrato: compost
 Tipo de Análisis: BIOGRAMA MICROBIANO BIOCATALITICO
 Factura No: 4821
 Localización Geográfica: Prov. Azuay

METODOLOGIA
 Observación directa (OD).
 Colorimetría de muestras de estados inducidos (CMES).
 Análisis en Microplots (AMP: MA, APD, NA, KB, KA).
 Microscopía NICO.
 Cámara Microscópica Infiltrada (CMI).
 Difusión Microscópica Normanski (DMN)
 Reacción Enzimática Microbiana (REM)

Microorganismos	Tratamiento 1 log cfu g-1	Tratamiento 2 log cfu g-1
<i>Acremonium sp.</i>	0,2514856	1,5624855
<i>Actinomyces sp.</i>	1,2011247	2,0166973
<i>Apiospora sp.</i>	0,6598451	2,6012478
<i>Arthrobacter sp.</i>	0,3651876	1,3951324
<i>Aspergillus japonicus</i>	0,6598744	1,3201545
<i>Bacillus cereus</i>	1,8546597	1,0879131
<i>Bacillus mycoides</i>	0,5841351	0,9657415
<i>Bacillus subtilis</i>	1,5842177	0,8652143
<i>Bacillus polymyxa</i>	0,396589	1,1705048
<i>Bacillus pumilus</i>	1,1065124	2,8543153
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	1,3851217	1,5478432
<i>Curtobacterium sp.</i>	1,8561244	2,6540584
<i>Micelia sterilia</i>	0,521308	1,1412471
<i>Paxillus spp.</i>	1,2258456	1,9568742
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,9858978	1,5214787
<i>Rodospirillum sp.</i>	0,6325487	1,2895472
<i>Streptomyces griseus</i>	2,9562148	1,1014785
<i>Thiobacillus sp</i>	1,25485457	2,3265487
<i>Trichoderma hamatum</i>	2,6521258	1,2301545

Anexo 25: Características de los microorganismos identificados en los tratamientos.

MICROORGANISMOS	CARACTERISTICAS
<i>Acromonium sp.</i>	Eficiente micro parasito de lignina, estrictamente aerobio a fin ph ácidos.
<i>Actinomyces sp.</i>	Importante productor de antibióticos, en núcleos de MO mineralizada.
<i>Apiozpora sp.</i>	Formador de micelas, polímeros quelatantes de material mineral originario de mal mineralización de MO.
<i>Arthrobacter sp.</i>	Biocatalizador de MO desdoblador ligno y celulolítico biocatalizador de S.
<i>Aspergillus japonicus</i>	Biocatalizador de vitaminas en lechos de compost, eficientes para el cultivo.
<i>Bacillus cereus</i>	Solubilizador de componentes potásicos del suelo, eficiente productor de biopolímeros.
<i>Bacillus mycoide</i>	Importante sanitizante Fito patogénico, tolera altas temperaturas.
<i>Bacillus subtilis</i>	Eficiente productor de antibióticos iturinicos y surfatinicos y amplia fama de biopolímero.
<i>Bacillus polymixa</i>	Importante regulador de hongos, solubilizador micotico de estructuras por sus metabólicos por medio de bacitracinas.
<i>Bacillus pumilus</i>	Poblaciones dependientes de condiciones de ph ácidos y alta temperatura especialmente al inicio de la fase.
<i>Curtobacterium flacumafaciens</i>	Sapofito identificado dentro de las poblaciones de regulación de maduración de compost.
<i>Curtobacterium sp.</i>	Bacteria trasciente, alta capacidad metabólica en todos los estadios de producción de compost.
<i>Micelia sterilia</i>	Micorriza especialmente importante en la última fase de la producción de compost.
<i>Paxillus spp.</i>	Eficientes desdobladores de MO, bioindicadores de la madurez de compost.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bacteria benéfica, localizada especialmente en proceso de quelación de hierro se la considera una bacteria BPC.
<i>Rhodospirillum sp.</i>	Levadura saprofitica, biocataliza biomoléculas complejas.
<i>Streptomyces griseus</i>	Desdoblador de MO en todas las fases de transformación, notoria por su producción de ácidos húmicos y fúlvicos.
<i>Thiobacillus sp.</i>	Biocatalizador y predigestor de azufre, incluso en la formación de proteínas complejas.
<i>Trichoderma hamatum</i>	Bioestimulante de sistema radicular tanto en la formación de biomasa como de fitohormonas especialmente de auxinas.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Iván Alejandro Jara Abad** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105829766. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS CON ESTIÉRCOL VACUNO PARA LA PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST EN LA PARROQUIA TARQUI (CUENCA)”** 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 este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **20 de diciembre de 2021**



F:
Iván Alejandro Jara Abad
C.I. 0105829766