



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE
ELABORACIÓN DE HUMUS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA:

Villavicencio García Lorena Dayana

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores MSc.

Ibarra, 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE
ELABORACIÓN DE HUMUS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte, MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Dra. Julia Prado, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Miguel Gómez, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA :	100255492-9
NOMBRES Y APELLIDOS:	Lorena Dayana Villavicencio García
DIRECCIÓN:	Ibarra, Honduras 3-25 y Bolivia
EMAIL:	ldvillavicenciog@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	062 609 202 0989891652

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>Eisenia foetida</i>) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE HUMUS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL "LA PRADERA"
AUTOR:	Villavicencio García Lorena Dayana
FECHA:	23 de noviembre de 2021
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PRESGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR:	Ing. Doris Chalampunte MSc.

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de noviembre de 2021

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Lorena Dayana Villavicencio García

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lorena Dayana Villavicencio García, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 23 días del mes de noviembre de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'DORIS CHALAMPUNTE', is written over a horizontal line.

Ing. Doris Chalampunte, MSc.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 23 días del mes de noviembre del 2021

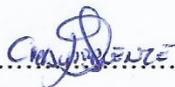
Lorena Dayana Villavicencio García: EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE HUMUS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 23 días del mes de noviembre del 2021. 85 páginas.

DIRECTOR (A):

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana mediante dos métodos de elaboración de humus en la Granja Experimental “La Pradera”.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Comparar el efecto de dos métodos de elaboración de humus en la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana. Analizar la influencia de los métodos en estudio en la calidad física y química del humus. Determinar los costos de producción en función de los métodos de producción de humus.

.....


Ing. Doris Chalampunte, MSc.

Directora de Trabajo de Grado

.....


Lorena Dayana Villavicencio García

Autor

AGRADECIMIENTO

En la vida se experimenta un sinnúmero de situaciones de las cuales no sabemos si lograremos superar, esta es una de ellas ya que a lo largo de mi carrera he vivido experiencias que han marcado mi vida. Es por ello que quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición me ha permitido alcanzar todos y cada uno de mis logros. A mis queridos padres, mis hermanos y demás familiares, quienes me han brindado su apoyo a lo largo de mi vida estudiantil. A mi pequeño hijo, que ha sido mi motor de vida, quien con su cariño y ternura es el principal motivo para salir adelante. A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales y en especial a la carrera de Ingeniera Agropecuaria, la cual fue testigo de los momentos vividos como risas, tristezas, triunfos y también fracasos. A mis profesores guías, mi directora Ing. Doris Chalampunte, MSc, por su paciencia, cariño y apoyo continuo durante mi formación académica, mis asesores Dra. Julia Prado, PhD, Ing. Marcelo Albuja, MSc, Ing. Miguel Gómez, MSc, quienes me han guiado y brindado sus conocimientos técnicos a lo largo de mi trabajo de titulación, de manera especial quiero agradecer al Ing. Gabriel Chimbo, MSc, por su apoyo y dedicación brindada durante el proceso de investigación, A Maricita Robby, por ser una gran persona y amiga, quien me ha guiado y me ha brindado su ayuda en el transcurso de la carrera, le agradezco por hacerme parte de su vida y por brindarme su cariño y amistad. Agradezco de todo corazón al Ing. Marco Mallamas con quien he compartido alegrías y tristezas y del cual siempre he tenido un apoyo incondicional. Y por último quiero agradecer a todos mis amigos quienes con sus actitudes y su ayuda incondicional se han ido convirtiendo en una segunda familia.

A todos ustedes muchas gracias porque han aportado muchas cosas bonitas e importantes en mi vida.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, Jesús Villavicencio y Germania García, quienes me han brindado su amor, cariño y paciencia en los momentos más difíciles, además también por ayudarme con los recursos necesarios para finalizar mis estudios. A mi hijo Daniel Mallamas, por ser el motor de mi vida, quien me enseñó y me dio el honor de ser madre. A mi tía Dra. Mayra García por ser como una segunda madre, quien guiando mis pasos ofreciéndome su cariño y amistad y por último y de manera especial a mi Abuelita Fabiola Rodríguez por brindarme su cariño incondicional y por ser mi paño de lágrimas en los momentos más difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Agricultura orgánica a nivel mundial	6
2.2 Clasificación taxonómica de la lombriz	7
2.3 Tipos de lombriz	7
2.4 Lombriz roja californiana	7
2.5 Características generales de la lombriz roja californiana	8
2.6 Características morfológicas externas de la lombriz roja californiana	9
2.7 Características Morfológicas Internas	11
2.8 Dinámica poblacional	13
2.9 Tipo de alimentación para lombrices	14
2.9.1 Características químicas del estiércol vacuno	14
2.9.2 Características químicas del estiércol cuy	14
2.10 Condiciones de manejo para la producción de lombrices	15
2.10.1 Humedad	15
2.10.2 Temperatura	15
2.10.3 pH	15
2.10.4 Aireación	16

2.11	Vermicompost.....	16
2.12	Humus.....	16
2.12.1	Características del humus	17
2.12.2	Nutrientes del humus	17
2.13	Métodos de producción de humus	17
2.13.1	Cría doméstica	17
2.13.2	Cría en tolvas	18
2.13.3	Cría intensiva	18
2.14	Proceso para la producción de humus.....	18
2.14.1	Construcción del lecho.....	18
2.14.2	Medidas más comunes para construcción de lechos.....	19
2.14.3	Materiales a incorporar en el lecho	19
2.14.4	Producción de humus.....	19
2.14.5	Ventajas del uso del humus.....	19
2.15	Importancia Económica	20
2.16	Marco legal	20
CAPÍTULO III.....		21
MARCO METODOLÓGICO.....		21
3.1	Descripción del área de estudio	21
3.2	Materiales y métodos	22
3.2.1	Materiales de campo	22
3.3	Factores en estudio.....	22
3.4	Diseño experimental	23
3.4.1	Características del experimento	23
3.4.2	Características de la unidad experimental.....	23
3.5	Análisis estadístico.....	25
3.6	VARIABLES A EVALUARSE	25
3.6.1	Porcentaje de humedad	26
3.6.2	Medición de temperatura	26
3.6.3	Conteo y peso de masa viva.....	27
3.6.4	Cantidad de lixiviados.....	27
3.6.5	Granulometría del humus.....	28
3.6.6	Presencia de insectos.....	29

3.6.7	Análisis de nutrientes y relación C/N	29
3.6.8	Costos de producción	30
3.7	Análisis estadístico.....	30
3.8	Manejo del experimento	30
3.8.1	Selección del terreno para la ubicación del experimento.....	30
3.8.2	Recolección de alimentos para las lombrices	31
3.8.3	Preparar el área para elaborar compost	32
3.8.4	Elaboración de contenedores	32
3.8.5	Incorporación de alimento, sustrato y lombrices	32
3.8.6	Seguimiento del experimento	33
3.8.7	Elaboración de caja entomológica	33
CAPÍTULO IV.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1	Porcentaje de humedad	35
4.2	Temperatura	37
4.3	Dinámica poblacional con base en el número de lombrices	38
4.4	Dinámica poblacional en base al peso de las lombrices	43
4.5	Cantidad de lixiviados.....	47
4.6	Granulometría del humus.....	50
4.7	Presencia de insectos en la producción de humus	51
4.8	Análisis de nutrientes y relación C/N	53
4.9	Costos de producción de humus	54
4.9.1	Costos de producción de humus en contenedores plásticos.....	55
CAPÍTULO V.....		57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
5.1	Conclusiones	57
5.2	Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA		59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Cocones, puesta o capullo	9
<i>Figura 2</i> Ciclo de vida de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> Sav.).....	9
<i>Figura 3</i> Aparato reproductivo de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i> Sav.).....	10
<i>Figura 4</i> Adultos son aquellos que poseen clitelo	11
<i>Figura 5</i> Características internas de la lombriz roja californiana	13
<i>Figura 6</i> Ubicación del área de estudio	21
<i>Figura 7</i> Esquema del área de investigación	23
<i>Figura 8</i> Diseño para los recipientes de madera	24
<i>Figura 9</i> Diseño para los recipientes de plástico.....	24
<i>Figura 10</i> Medición de humedad en los tratamientos	26
<i>Figura 11</i> Medición de temperatura.....	27
<i>Figura 12</i> Conteo y peso de las lombrices.....	27
<i>Figura 13</i> Recolección de lixiviado	28
<i>Figura 14</i> Recolección y secado del humus para tamizaje.....	29
<i>Figura 15</i> Tamiz número 10	29
<i>Figura 16</i> Selección de terreno para la preparación de los alimentos	30
<i>Figura 17</i> Recolección de alimentos en La Granja Experimental La Pradera.....	31
<i>Figura 18</i> Picado de los residuos vegetales	31
<i>Figura 19</i> Adecuación de los contenedores.....	32
<i>Figura 20</i> Incorporación del alimento a cada uno de los métodos.....	33
<i>Figura 21</i> Elaboración de caja entomológica	34
<i>Figura 22</i> Porcentaje de humedad en los métodos utilizados para la crianza de <i>Eisenia foetida</i> . Sav.....	36
<i>Figura 23</i> Número de individuos adultos de <i>Eisenia foetida</i> Sav., dependiendo el tipo de contenedor evaluados a los 180 y 330 días	39
<i>Figura 24</i> Número de individuos juveniles de <i>Eisenia foetida</i> Sav, según el tipo de contenedor evaluados a los 150 y 330 días	41
<i>Figura 25</i> Número de cocones de <i>Eisenia foetida</i> , Sav. dependiendo del tipo de contenedor, evaluados a los 150 y 330 días	42
<i>Figura 26</i> Incremento de peso de <i>Eisenia foetida</i> Sav., en etapa adulta en dos métodos de elaboración de humus	44
<i>Figura 27</i> Peso de <i>Eisenia foetida</i> Sav. en etapa juvenil	45
<i>Figura 28</i> Peso de <i>Eisenia foetida</i> Sav. con relación a la etapa de cocón.....	46
<i>Figura 29</i> Cantidad de lixiviados	49
<i>Figura 30</i> Coloración de lixiviado en los seis tratamientos utilizados para la crianza de <i>Eisenia foetida</i> . Sav.....	49
<i>Figura 31</i> Porcentaje de granulometría durante el ciclo productivo de humus	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana</i>	7
Tabla 2 <i>Tipo de alimentación para lombrices</i>	14
Tabla 3 <i>Porcentaje de composición química del estiércol de ganado en fresco y seco</i>	14
Tabla 4 <i>Porcentaje de composición química del estiércol de cuy en seco</i>	15
Tabla 5 <i>Listado de materiales a emplearse en la investigación</i>	22
Tabla 6 <i>Análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de parcelas divididas</i>	25
Tabla 7 <i>Análisis de varianza (ADEVA) para el porcentaje de humedad</i>	25
Tabla 8 <i>Análisis de varianza (ADEVA) para la temperatura</i>	25
Tabla 9 <i>Análisis de varianza (ADEVA) para la cantidad de lixiviados</i>	28
Tabla 10 <i>Análisis de varianza (ADEVA) para la granulometría</i>	28
Tabla 11 <i>ADEVA del porcentaje de humedad para la crianza de (Eisenia foetida Sav.)</i>	35
Tabla 12 <i>ADEVA del porcentaje de temperatura en la producción de Eisenia foetida Sav., con dos métodos de elaboración de humus</i>	37
Tabla 13 <i>Temperatura con relación a método de crianza y alimento</i>	38
Tabla 14 <i>ADEVA sobre el número de lombrices adultas en comparación de dos métodos de crianza</i>	39
Tabla 15 <i>ADEVA sobre el número de lombrices juveniles en comparación de dos métodos de crianza</i>	40
Tabla 16 <i>ADEVA para número de lombrices en etapa de cocones comparados en dos métodos de crianza</i>	42
Tabla 17 <i>ADEVA sobre el número de lombrices adultas en base a los métodos de crianza</i> ...43	
Tabla 18 <i>ADEVA sobre el número de lombrices jóvenes en comparación de dos métodos de crianza</i>	45
Tablas 19 <i>ADEVA sobre el número de lombrices en etapa de cocones comparadas en dos métodos de crianza</i>	46
Tabla 20 <i>ADEVA del lixiviado de la lombricompostera en la producción de Eisenia foetida Sav.</i>	48
Tabla 21 <i>ADEVA del porcentaje de granulometría del humus producida por Eisenia foetida Sav.</i>	50
Tabla 22 <i>Clasificación insectos presentes en el vermicompost</i>	51
Tabla 23 <i>Análisis físico químico del humus obtenido de los métodos: contenedores de madera y plástico</i>	53
Tabla 24 <i>Costos de producción de los retenedores plásticos</i>	55
Tabla 25 <i>Costos de producción de humus en cajas de madera</i>	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Costo de implementación del método contenedores de plástico	66
Anexo 2 Depreciación de herramientas y equipos para el método contenedores de plástico..	67
Anexo 3 Costos de implementación para el método cajas de madera	68
Anexo 4 Depreciación de herramientas y equipos para el método cajas de madera	69

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autor

Villavicencio García Lorena Dayana

*Universidad Técnica del Norte

Correo:

ldvillavicencio@utn.edu.ec

RESUMEN

Las actividades agropecuarias generan grandes cantidades de residuos orgánicos que no reciben un correcto manejo; el vermicompost es una alternativa pero, el desconocimiento de la dinámica poblacional de las lombrices acarrea diversos problemas como la sobrepoblación, lo que repercute en su tasa de natalidad, por ello se realizó la presente investigación evaluando el método de crianza y alimentación, donde se probaron diferentes tipos y proporciones de alimentación con el estiércol de cuy, bovinos y residuos de cocina, brindando una alternativa de manejo de los desechos y se evalúe el comportamiento y calidad de abono obtenido a partir de la digestión de las lombrices rojas, donde se observó una diferencia entre métodos de cría en plástico y madera; donde el método 2 (contenedores plásticos) terminó su descomposición a los 180 días después de la siembra (dds) sin necesidad de incorporar más alimento, al contrario del método 1 (cajones de madera), que extendió su tiempo a 330 dds, pues, a los tres meses requirió incorporar el doble de alimento. Por ello, se puede concluir que el método de plástico tuvo mejores resultados que el método de madera en las variables humedad y temperatura, al utilizar estiércol compostado previamente y añadir residuos de cocina, el alimento se vuelve esponjoso, facilitando la movilidad y la alimentación de las lombrices incrementando la dinámica poblacional. Además, al analizar los costos de producción se observó que, el valor por kilogramo obtendrá una utilidad de 0.50 USD para el M2 (plástico) y 0.59 USD para el M1 (madera)

Palabras claves: Vermicompost, manejo de desechos orgánicos, abonos orgánicos, biofertilizante, lombricultura.

ABSTRACT

Agricultural activities generate large amounts of organic waste that are not properly managed; vermicompost is an alternative but, the lack of knowledge of the population dynamics of worms carries with it various problems like overpopulation, which has an impact on their birth rate, so the present research was carried out evaluating the method of breeding and feeding, where different types and proportions of feeding were tested with the manure of cuy, cattle and kitchen residues, providing an alternative for waste management and evaluating the behavior and quality of manure obtained from the digestion of red worms, where a difference was observed between plastic and wood breeding methods; where method 2 (plastic containers) ended its decomposition 180 days after sowing (dds) without the need to incorporate more food, contrary to method 1 (wooden drawers), which extended its time to 330 dds, because, at three months it required incorporating twice as much food. Therefore, it can be concluded that the plastic method had better results than the wood method in the variables humidity and temperature, using previously composted manure and adding kitchen residues, the food becomes spongy, facilitating the mobility and feeding of worms by increasing population dynamics. In addition, when analyzing the production costs it was observed that, the value per kilogram will obtain a profit of 0.50 USD for the M2 (plastic) and 0.59 USD for the M1 (wood).

Keywords: Vermicompost, organic waste management, organic fertilizers, biofertilizer, vermiculture.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El suelo es parte vital del medio ambiente debido a que este proporciona diversas funciones ecológicas como regulación hídrica, sostén para las plantas, provisión de nutrientes y aguas subterráneas y es una fuente de recursos minerales. La calidad de este recurso determina la sustentabilidad y sostenibilidad de las explotaciones agrícolas (De las Heras, 2003).

La salud o calidad del suelo se ve altamente influenciada por las enmiendas que son aplicadas en él, ya que estas modificarán positiva o negativamente sus propiedades físicas, químicas, y biológicas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015). En este sentido, las enmiendas orgánicas son los abonos que promueven la sustentabilidad de este recurso debido a que ellos aportan con nutrientes, modifican las micro y macro biota benéfica del suelo y mejora la calidad estructural de la matriz edáfica (Red Española de Compostaje [REC], 2015).

Los desechos orgánicos tienen una alta potencialidad para ser utilizados como materia prima en la elaboración de abonos orgánicos. En la actualidad, el estilo de vida de las personas cambia constantemente y una de las consecuencias es la cantidad de desechos orgánicos que se generan en el hogar, en el campo agrícola y pecuario, los cuales no son tratados y son desechados en rellenos sanitarios y muchas veces quemados (Blaxter, 2012).

Uno de los métodos para reutilizar estos desechos orgánicos es el vermicompost, este se refiere al compostaje realizado con la maquinaria biológica de las lombrices donde se obtiene como producto final el humus (Mejía et al., 2012). Este presenta propiedades físicas que mejoran la permeabilidad y aireación del suelo, disminuye el riesgo de erosión, mejora la retención de agua e impide que los nutrientes se lixivien siendo más asimilables para las plantas (Navarro, 2016). Además, está formado de nutrientes de liberación lenta como: nitrógeno (N) de 1 a 2.6%, fósforo (P) de 2 a 8% y potasio (K) de 1 a 2.5%, siendo un abono orgánico menos nocivo para el ambiente (Ales, 2008; Chaoui y Tsutomu, 2003).

Existen metodologías para realizar vermicompost como la reutilización de contenedores plástico o de madera como los cajones viejos, baldes, tinas u otros, además el vermicompost

se puede realizar directamente en el suelo tomando en cuenta que, se debe realizar con una inclinación de al menos 5% para el drenaje de lixiviados (Cajas, 2012).

Realizarlo en contenedores de plástico o cajones de madera es lo más utilizado, puesto que, es lo que encuentra un agricultor dentro de su predio, de esta manera se puede reutilizarlos, como también mediante estos podemos aprovechar al máximo el espacio, son de fácil manipulación y están al alcance de todos desde amas de casa, pequeños, medianos y grandes productores (Compagnoni, 2018).

En Ecuador se ha capacitado a los 221 GADs del país, con información orientada a la gestión de residuos sólidos, utilizando métodos como el compost, vermicompost, bocashi y la combinación entre ellos (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2017). Imbabura emplea únicamente la técnica de compostaje en cuatro de sus seis cantones, sin embargo, este manejo es dedicado solamente a los desechos producidos por los mercados (INEC, 2016).

La eficiencia del vermicompostaje es relevante, ya que, esta reduce hasta tres veces el volumen de los desechos orgánicos en un promedio de tres meses, al contrario del compost que extiende su tiempo de tres a cinco meses y que este no utiliza lombrices, sin embargo a nivel nacional existen falencias con respecto al vermicompost, es por ello que, no se la utiliza o al realizarlo no arroja los resultados que se espera (Barbado, 2004).

El mezclar residuos orgánicos como estiércol de diferentes animales como de cuy, de vaca, entre otros y residuos de vegetales para la elaboración de vermicompost ayuda a dar un manejo más eficiente, pues así se puede determinar una mejor calidad de humus, evaluar el comportamiento de las lombrices como es la dinámica poblacional, la mortalidad, la temperatura y humedad del mismo. Navarro (2016) menciona que la sobrepoblación de la especie, causa que la lombriz esconda su clitelo para evitar la reproducción, otro problema es la falta de alimento y la disminución de humedad, todos estos causa la muerte de la lombriz.

Cabe recalcar que, realizar un precompostaje a los estiércoles ayuda a que lleguen al rango de temperatura y humedad que necesita la lombriz para sobrevivir. Romero y Cerrato (2002) confirman que, mantener un buen manejo en cuanto a tipo de alimentación, humedad y temperatura es de suma importancia puesto que, influye en la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana (Gutiérrez et al., 2007). Así mismo, someter a las lombrices en un lecho donde se utiliza solo alimento de origen animal y este no es precompostado, estas se estresan y mueren al cabo de tres días. (Vázquez et al., 2007).

1.2 Problema

A nivel global las actividades agropecuarias generan grandes cantidades de residuos orgánicos que no reciben un correcto manejo (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], 2003). Se cuantifica que alrededor de 1.4 billones de toneladas de residuos son producidas por las actividades agropecuarias (Entrepreneurial Operating System [EOS], 2019). Entre los agroresiduos más relevantes podemos encontrar a los residuos de cosecha, las excretas de la actividad pecuaria y los desechos agroindustriales (Acevedo, 2020).

Algunas explotaciones agropecuarias continúan utilizando metodologías ineficientes como son: la quema, amontonamiento, arrojamiento en fuentes hídricas (esteros y acequias), entre otros (Cermak, 2016). Por ejemplo, en la provincia de Imbabura se produce 266.26 toneladas de residuos sólidos al día de las cuales 168.31 toneladas son desechos orgánicos, recalando que, solo se reutiliza los expulsados de los mercados y los de los habitantes en general van a parar al relleno sanitario porque no se separa los desechos orgánicos de los inorgánicos (INEC, 2016). El deficiente manejo puede ocasionar graves consecuencias ambientales, las cuales señala la contaminación de cuerpos de agua, la alteración en las propiedades físico-químicas del suelo y la contaminación ambiental en general (Naplekova, 2016).

A pesar de que en algunos casos se hace un tratamiento de los residuos orgánicos mediante compostaje y vermicompostaje, estos carecen de criterios éticos para su manejo (Eguillor, 2016). Por ejemplo, se manejan sin un seguimiento adecuado de temperatura, humedad y drenaje de lixiviados (Compagnoni, 2018). Todos estos factores influyen la dinámica poblacional de la lombriz, consecuentemente la tasa de producción de humus (De las Heras, 2003).

Sin embargo, no es suficiente con una sola metodología ya que la basura generada en los hogares no es incluida en el proceso de compost, ya que, al no ser clasificada esta va a parar en los rellenos sanitarios. Añadir el vermicompost como alternativa principal ayudaría a reducir hasta tres veces el volumen de basura en el cual se obtendría como abono natural el humus (INEC, 2016).

El desconocimiento de la dinámica poblacional de las lombrices bajo diferentes sistemas de manejo acarrea diversos problemas siendo el mayor la mortalidad, de la misma manera el control diario de temperatura y humedad que no se lo realiza, haciendo ineficiente al proceso de producción de humus. Juárez et al. (2007).

1.3 Justificación

Una forma de disminuir el volumen de desechos orgánicos es incluyendo las metodologías de transformación de materia orgánica tales como: el vermicompost (uso de microorganismos y el proceso digestivo de las lombrices), el compost (menor temperatura con actividad microbiana lenta) y el bocashi (mayor temperatura con actividad microbiana activa), es por ello que, en la provincia de Imbabura se ha implementado el compost para transformar la basura orgánica generada en los mercados de la provincia (INEC, 2017).

Díaz et al. (2008) comentan que la importancia del humus de lombriz estimula los procesos biológicos de la planta y de los microorganismos del suelo puesto que aporta macro y micro nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, promoviendo una práctica agrícola beneficiosa en el área mediterránea.

De la misma manera, en el vermicompost se puede agregar desechos orgánicos generados por animales, siendo esta una alternativa económica para los agricultores y el gobierno en general, ya que se puede obtener como producto final el humus y la biomasa de la lombriz la cual es utilizada en la actualidad como alimento en crudo o usada para la elaboración de harinas y concentrados de uso animal (Acosta et al., 2013).

Es importante mencionar que la realización de estas metodologías permite reutilizar contenedores de diferentes materiales como: plástico o madera, ya que, al tener medidas menores a un metro ayuda al lombricultor a manejar de una manera más eficiente el lecho en cuanto a riego, volteo y recolección de lixiviados (Díaz, 2002). Por otro lado, la evolución de la dinámica poblacional es importante porque permite conocer e identificar el futuro y la composición (número de individuos, sexo, ciclo fenológico, etc) de una determinada especie, así como detectar aquellos puntos donde es conveniente actuar para asegurar el mantenimiento de la población (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2007).

De esta manera se puede realizar a pequeña escala en un sistema de producción doméstica mediante el uso de cajones como en tolvas en un espacio reducido, el cual permite una producción continua de humus, creando una lombricultura doméstica donde se puede aprovechar una fracción importante de los residuos orgánicos transformándolos en abono para las plantas del hogar (Compagnoni, 2018). Es así como se ponen en práctica metodologías eficientes para realizar en vermicompost, desde la comodidad de sus hogares o pequeñas parcelas.

Debido a la alta demanda de desechos orgánicos y la mala utilización de residuos, el alto costo de fertilizantes químicos y su efecto dañino al suelo, se realiza la presente investigación donde se probaron diferentes tipos y proporciones de alimentación con el estiércol de cuy, bovinos y residuos de cocina, de tal manera que se pueda brindar una alternativa de manejo de los desechos y se evalúe el comportamiento y calidad de abono obtenido a partir de la digestión de las lombrices rojas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida Sav.*) mediante dos métodos de elaboración de humus en la Granja Experimental “La Pradera”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el efecto de dos métodos de elaboración de humus en la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana.
- Analizar la influencia de los métodos en estudio en la calidad física y química del humus.
- Determinar los costos de producción en función de los métodos de producción de humus.

1.5 Hipótesis

H₀: Los sistemas de manejo y alimentación no tienen efecto en la dinámica poblacional y la calidad de humus.

H_a: Al menos un sistema de manejo y alimentación tiene efecto en la dinámica poblacional y la calidad de humus.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Agricultura orgánica a nivel mundial

La agricultura orgánica (AO) es de importancia y aunque en algunos lugares no se la practica, existe una región en la que se ha logrado alcanzar el estatus 100% orgánico, se trata de Sikkim, un estado de la India, en donde la AO ayuda aproximadamente el 80% de la población generando alimentación y trabajo, además, Sikkim se ha vuelto un sector turístico el cual ha duplicado sus visitantes desde el 2014 gracias a la agricultura orgánica (Uchoa, 2018).

A nivel mundial la agricultura orgánica no es una novedad, ya que, algunos de los países ya la practican en pequeñas extensiones y se afirma que las tierras agrícolas certificadas como orgánicas suman 58 millones de hectáreas, es decir, el 1.2% de todo el mundo, pues en el 2016 se confirma que son 178 países los que ya cultivan alimentos orgánicos (Eguillor, 2016). Los principales países en realizar productos orgánicos en América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador (Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica [CIAO], 2020)

INEC (2017) menciona que, en el Ecuador, la superficie terrestre dedicada a la agricultura y la pecuaria tiene una superficie de 5.46 millones de hectáreas, de las cuales 46 500 ha son dedicadas a la agricultura orgánica, es decir un 0.9% del total nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2018) anuncia que incentivar a los agricultores en la elaboración de productos orgánicos extenderá una línea de crédito verde en donde los beneficiarios y responsables serían 576 productores registrados en la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario.

La agricultura orgánica junto con otras prácticas agrícolas de bajos insumos, da como resultado una menor demanda de energía en comparación con la agricultura intensiva y podría representar un medio para mejorar el ahorro de energía y la reducción de CO₂ si se adopta a gran escala, por consiguiente, puede proporcionar una serie de importantes servicios ambientales y sociales, tales como: preservar y mejorar la calidad del suelo, aumentar el sumidero de carbono, minimizar el uso de agua, preservar la biodiversidad, detener el uso de productos químicos nocivos y garantizar así alimentos saludables para los consumidores (Servicio agrícola y ganadero [SAG], 2013).

2.2 Clasificación taxonómica de la lombriz

La clasificación taxonómica es de importancia, ya que, en ella se puede identificar algunos ítems los cuales nos permiten conocer información acerca de la especie en estudio como se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana

Clasificación Taxonómica	
Reino	Animal
Phylum	Annelida
Clase	Oligochaeta
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	<i>Eisenia foetida</i>

Fuente: Somarriba y Guzmán (2004)

2.3 Tipos de lombriz

Cada tipo de lombriz se agrupa en categorías que difieren esencialmente en forma, tamaño, pigmentación, distribución en el perfil del suelo, capacidad para cavar galerías y producir moldes superficiales, perfiles demográficos y relaciones (Guanche, 2015).

La microflora del suelo, la cual tienen diferentes estilos de vida como las epígeas que viven en la superficie de la tierra. Las anécicas que viven dentro de la superficie terrestre, pero se mueven haciendo galería en forma de “U”. Mientras que las endógeas viven en diferentes tipos de profundidad haciendo más eficaz su descomposición, cabe recalcar que en este grupo se encuentra la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida Sav.*) siendo la más utilizada en todo el planeta (León, 2013). Por consiguiente, las lombrices encuentran en el suelo la energía, los recursos de nutrientes, el agua y las condiciones climáticas que necesitan, ya sea este por el recurso alimentario que explotan o las condiciones ambientales en general (Escobar, 2013).

2.4 Lombriz roja californiana

Conocida como lombriz roja californiana (*Eisenia foetida Sav.*) en el estado de E.E.U.U., donde se descubrieron sus propiedades y beneficios para el ecosistema. También, donde se instalaron los primeros criaderos. Es un anélido hermafrodita, reúne características morfo fisiológicas y comportamentales muy importantes para introducirla dentro de una explotación zootécnica (Díaz, 2002).

Eisenia foetida Sav., es una lombriz extraordinariamente prolifera, muy vivaz, resistente al estrés, tal vez como ninguna otra y que se ha logrado hacer trabajar en densidades de 40 000 a 50 000 lombrices por metro cuadrado, cifra que ninguna lombriz salvaje está en condiciones de resistir (Martínez, 1996). Influyen mucho en el funcionamiento del sistema del suelo, a su vez construyen y mantienen la estructura del suelo, participando activamente en el ciclo de energía y nutrientes a través de la activación selectiva de los procesos de mineralización y humificación (FAO, 2019).

2.5 Características generales de la lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana se distingue principalmente por la combinación de color corporal específico gris y rojo a lo largo de toda su piel; puede tener una extensión hasta de ocho centímetros, además, se estudiaron las proteínas de esta lombriz para determinar la composición química, sus niveles de proteínas, grasas y metales pesados (Xianchun, 2010).

El tronco de la lombriz está segmentado por 150 anillos juntos, también llamados metámeros, cada uno de ellos está recubierto por pequeñas cerdas, similares al vello humano, que este animal utiliza para mover la tierra en la que escarba, gracias a sus piezas anilladas la lombriz es extremadamente flexible, fuerte y dotada de gran movilidad reduciendo el grosor de las capas orgánicas, y aumentando la densidad aparente de los suelos e incorporan materiales de humus más profundos del perfil del suelo (Cermak, 2016).

Una lombriz respira a través de su piel, que debe permanecer húmeda para permitir que el dióxido de carbono y el oxígeno pasen a través de ella, sin embargo, no se vislumbra con facilidad, la boca de la lombriz está ubicada en el primer segmento de su cuerpo (Somarriba y Guzmán, 2004). La lombriz roja californiana come todo lo que está en su camino y esto lo convirtiendo en nutrientes aprovechables para el suelo y la planta (Xianchun, 2010).

Esta especie puede vivir en cautiverio en poblaciones de 50 000 individuos por m², es hermafrodita, con altas tasas de reproducción. Madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, se aparea y deposita cada tres a siete días una cápsula llamada cocón (Figura 1), la cual conteniendo de dos a 20 huevos que a su vez eclosionan pasados los 21 días (Figura 2). Así una lombriz adulta es capaz de tener en un año 1 500 crías (Morgan, 2002).

Figura 1
Cocones, puesta o capullo.



Figura 2
Ciclo de vida de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida Sav.).



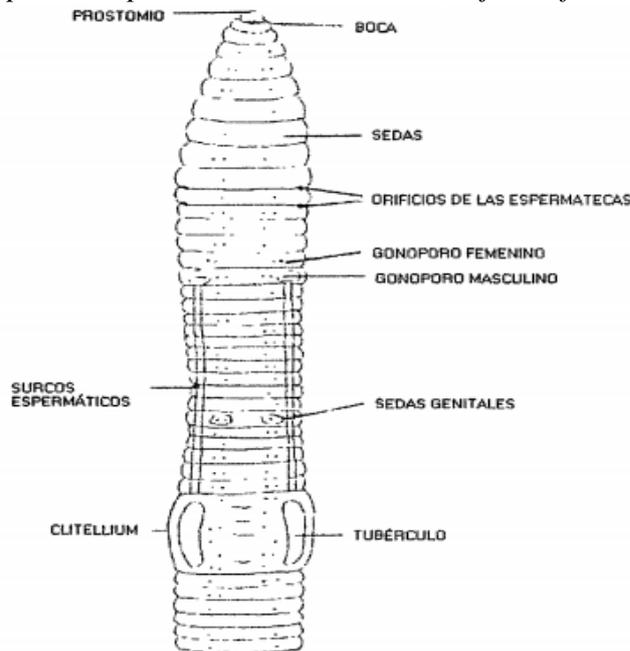
Fuente: Compagnoni (2018)

2.6 Características morfológicas externas de la lombriz roja californiana

Hallaire (2012) menciona que, *Eisenia foetida* Sav., presenta numerosas características morfológicas (Figura 3):

Figura 3

Aparato reproductivo de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida Sav.).



Fuente: Colville y Barot (2016)

- **Forma:** el cuerpo es un tubo bilateralmente simétrico; tiene forma cilíndrica.
- **Segmentos:** llamados también metámero, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, generalmente comprende de 80 a 150 anillos; entre cada uno de ellos existen surcos inter segmentarios. Tanto los órganos internos como la pared del cuerpo se encuentran segmentados, separados entre sí por tabiques transversales llamados septos.
- **Prostomio:** pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento, del cual está separado por un surco.
- **Peristomio:** se llama así al primer segmento, donde se encuentra la boca; no tiene quetas o cerdas.
- **Quetas o cerdas:** cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción. También están ausentes en la última porción del cuerpo, llamado pigidio, el cual no forma segmento.
- **Poros dorsales:** son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos segmentados a lo largo de la línea media dorsal.
- **Nefridioporos:** aberturas pares excretoras que se repiten en cada segmento del cuerpo.

- **Poros espermatecales:** raramente ausentes, ubicados entre los surcos Intersegmentarios.
- **Poros femeninos:** oviductos cortos, que se abren en la cara ventral del segmento número 14.
- **Poros masculinos:** ubicados en la cara ventral del segmento número 15, generalmente hay un par.
- **Surcos seminales:** ubicados en los segmentos nueve y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación.
- **Clitelo:** es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Puede tener forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos). Además, la presencia del clitelo permite la identificación de la lombriz adulta (Figura 4).

Figura 4

Adultos son aquellos que poseen clitelo.



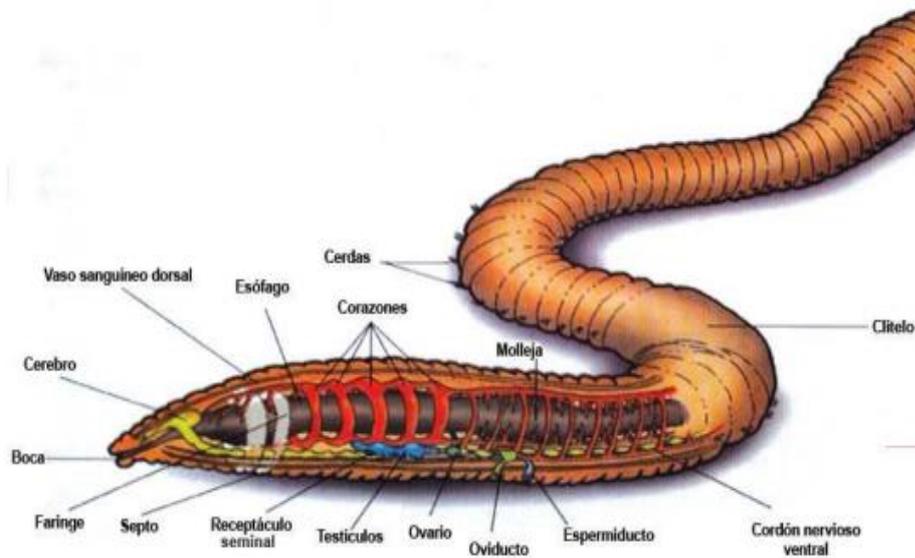
2.7 Características Morfológicas Internas

Compagnoni (2018), plantea las características morfológicas internas de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) (Figura 5.):

- **Tabiques:** llamados también septos; son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo.
- **Faringe:** es el primer compartimiento después de la boca.

- **Molleja:** parte gruesa musculosa del tubo digestivo. Puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal.
- **Glándulas de morren:** su función es metabolizar el calcio. Están ubicadas en el esófago.
- **Intestino:** se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.
- **Ciegos intestinales:** apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparecen al fondo del intestino.
- **Nefridios:** órgano central del sistema excretor, funciona como pequeño riñón. Se llaman holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmento.
- **Vasos dorsal y ventral:** ubicado sobre el tubo digestivo. El vaso dorsal y el ventral debajo de éste, son los más importantes en el sistema circulatorio.
- **Vaso suprainestinal y supra esofágico:** son vasos impares no siempre presentes. Se encuentran entre el esófago, intestino y el vaso dorsal.
- **Vasos extraesofágico o lateroesofágico:** situados a los lados del esófago y entre éste y los corazones.
- **Corazones:** situados en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares y en un total de cinco y manda la sangre al vaso ventral.
- **Testículos:** ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno; situados en cavidad celómicas aisladas los reservorios de esperma.
- **Canales deferentes:** permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo.
- **Vesículas seminales:** Son tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9, 10 y 11.
- **Ovarios:** generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento 13 y descargan los huevos en la cavidad celómica.
- **Ovisacos:** seguidos al segmento que contiene el ovario.
- **Espermatecas:** sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes

Figura 5
Características internas de la lombriz roja californiana.



Fuente: Compagnoni (2018)

2.8 Dinámica poblacional

La dinámica poblacional estudia la composición de una población de la misma especie desglosándolas en número y masa de individuos, estado fenológico, sexo y tiempo de vida. Además, indica cuando la población está siendo afectada por mecanismos que la regulan como: temperatura, pH, humedad, entre otros, cabe recalcar que cada especie sea animal o vegetal maneja diferentes tipos de parámetros para sobrevivir y reproducirse (Álvarez, 2016). Por ejemplo, al estudiar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana se utilizan factores a evaluar cómo; metodología, tipo del sustrato, pH, temperatura, humedad en el sustrato empleado durante el proceso productivo (Ramírez et al., 2013).

El estudio de las fluctuaciones en el tamaño o densidad de las poblaciones naturales se basa en tres pilares fundamentales: una serie de principios teóricos generales que subyacen al cambio poblacional, la formalización e interpretación de estos principios a través de modelos matemáticos y, por último, la interpretación de estos principios y modelos en términos de mecanismos biológicos dentro de una misma especie (Vargas y Rodríguez, 2008).

2.9 Tipo de alimentación para lombrices

Como las lombrices son muy voraces y la celulosa es apetecible para ellas, aceptan el papel y el cartón, siempre y cuando estén bien humedecidos. También se les puede suministrar aserrín o viruta de madera que preceda de árboles pobres en resina y bajo en taninos. Los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos, gallinas, pintadas, pavos y aves en general, no son aconsejables por la elevada temperatura 90°C y el tiempo necesario (14, 15, 16 meses) para que ésta alcance un pH óptimo (7.0). Otras fuentes de alimentación para la lombriz es el estiércol de equino, estiércol de bovino, estiércol de ovino, estiércol de porcino, estiércol de conejo, entre otros (Tabla 2) (Sales, 1996).

Tabla 2

Tipo de alimentación para lombrices

Estiércoles	Estiércoles (%)	Material Vegetal (%)
Caballo	80	20
Conejo	50	50
Bovino	80	20
Ovino	60	40
Cerdo	30	70

Fuente: Álvarez (2016)

La capacidad transformadora de la lombriz ha obtenido una población de 100 000 lombrices, que ocupa un área de 2 m² está en condiciones de producir dos kg de humus por día (Alas y Alvarenga).

2.9.1 Características químicas del estiércol vacuno

El estiércol de vaca tiene características químicas útiles para el suelo (Tabla 3), la obtención de las excretas de bovinos es fácil, ya que, la mayoría de los agricultores se dedican a la producción de alimentos generados por la especie bovina (Mejía, 2011).

Tabla 3

Porcentaje de composición química del estiércol de ganado en fresco y seco

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Seco	0.29%	0.17%	0.10%	0.35%	0.13%	0.04%
Fresco	0.58%	0.01%	0.49%	0.01%	0.04%	0.13%

Fuente: Tapia y Fries (2007)

2.9.2 Características químicas del estiércol cuy

(Estrada, 2005) considera que, el estiércol de cuy es uno de los estiércoles de mejor calidad, junto con el de caballo, por sus propiedades físicas y químicas, por lo que usualmente es usado por los agricultores como abono directo.

García et al. (2006) comentan que, en el caso del estiércol de cuy se identifica la facilidad de recolección en comparación del estiércol de otros animales, puesto que normalmente se los encuentra en galpones, la cantidad de estiércol producido por un cuy es de dos a tres kg por cada 100 kg de peso vivo (Tabla 4).

Tabla 4

Porcentaje de composición química del estiércol de cuy en seco

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
0.60	0.03	0.18	0.55	0.18	0.10

Fuente: Tapia y Fries (2007)

2.10 Condiciones de manejo para la producción de lombrices

Las condiciones de manejo para la producción de lombrices y humus son las siguientes:

2.10.1 Humedad

López et al. (2003) mencionan que el 80% es el valor adecuado para facilitar la ingesta de alimento y el deslizamiento a través del material, sin embargo, mantenerse un rango de 70 a 80% también es aceptable por ellas. Pero si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz, las lombrices toman el alimento mediante una succión con su boca, por lo tanto, la falta de humedad les imposibilita dicha operación.

2.10.2 Temperatura

El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de las lombrices oscila entre 19 a 21°C y para la formación de cocones entre 12 y 15°C, durante el verano si la temperatura es muy elevada, se aportará riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos (Díaz, 2002).

2.10.3 pH

El pH óptimo para su desarrollo está en un rango de siete a ocho por lo que, es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición (Crespo et al., 2012)

2.10.4 Aireación

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices, ya que, si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del material al ser compostado (Mejía, 2011).

La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂ peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras (Avalos, 2009).

2.11 Vermicompost

Vermicompost o lombricultura es una biotecnología que ayuda a la descomposición de desechos orgánicos de origen vegetal y animal por medio de lombrices especialmente la roja californiana, ya que, gracias a su sistema digestivo absorbe el alimento y por medio de sus deyecciones lo convierte en humus (Villegas y Laines, 2017).

En comparación con el sistema de compostaje convencional, el vermicompost a menudo da como resultado una reducción de la masa, un tiempo más corto para el procesamiento y altos niveles de humus con una fitotoxicidad reducida en el material listo, siendo la lombricultura una herramienta rentable para el manejo de desechos ambientalmente racionales (Mejía, 2011).

Además, al realizar vermicompost obtenemos beneficios como humus sólido, humus líquido y las lombrices, a cada uno de estos se puede dar diferentes usos como: fertilizantes orgánicos, alimento de peces y aves alimentados por lombriz o en la realización de harinas para balanceados (Taiariol, 2009).

2.12 Humus

El humus sólido se lo obtiene a partir de la digestión que la lombriz realiza después de consumir cualquier sustancia orgánica, en los últimos años ha sido de impacto en el mundo por sus características físico-químico, pero sobre todo por su pureza (Instituto Nacional de Investigación [INIA], 2008).

El uso de humus de lombriz es una alternativa al uso de fertilizantes químicos, no contamina el medio ambiente y además es el fertilizante orgánico más completo e integral que se conoce, de fácil manejo y obtención (Acosta et al., 2013). Es rico en elementos energéticos y minerales,

mejora el drenaje, la aireación y la porosidad del suelo. Puede ser utilizado como sustrato de óptima calidad para la conducción de semilleros de especies vegetales (Tenecela, 2012).

2.12.1 Características del humus

Es de color oscuro que contiene una elevada carga enzimática y bacteriana, que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser asimilados por las raíces, influyendo en forma efectiva en la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos comparados con otros ejemplares de la misma edad (Rodríguez, 1996).

2.12.2 Nutrientes del humus

Es un material rico en ácidos húmicos y fúlvicos, y es precisamente esta combinación que provee de múltiples beneficios al suelo y plantas. El efecto fisiológico de las sustancias húmicas también es sumamente interesante. Cabe destacar que el efecto residual del humus de lombriz llega a durar hasta 5 años. La carga de microorganismos contenida en el humus de lombriz permite hacer una reactivación biológica del suelo, donde van contenidos especies de microorganismos que ayudan en la nutrición de los cultivos. En este sentido, después de su aplicación se recomienda regar para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo (Salinas et al, 2014). El utilizar estiércol bovino, en el vermicompost, hace que sus nutrientes asimilables por las plantas aumenten en un 25%, como el carbono total de 9.34% en descomposición normal, al realizar vermicompost alcanza el 13.5%.

2.13 Métodos de producción de humus

Existen diferentes métodos de crianza para la producción del humus y de lombriz entre ellos están:

2.13.1 Cría doméstica

Este sistema de producción doméstica puede realizarse tanto en cajones como en tolvas en un espacio reducido, el cual permite una producción continua de humus, creando una lombricultura doméstica donde se puede aprovechar una fracción importante de los residuos orgánicos transformándolos en abono para las plantas del hogar (Compagnoni, 2018). La cría doméstica más sencilla es empleando cajones de madera o de polietileno (con orificios en el

fondo), la cual no requiere un acondicionamiento previo, primero se coloca las lombrices en un extremo del cajón y se le empieza a suministrar diariamente alimento (Ferruzzi, 1994).

2.13.2 Cría en tolvas

Este sistema permite la cría continua de lombrices en un solo contenedor. Los cuidados necesarios son similares a los de la cría en cajones, pero habrá que tener en cuenta que las adiciones de materia orgánica son colocadas directamente sobre las lombrices, y éstas pueden tener exceso de calor al comenzar la fermentación (Crespo, 2012).

2.13.3 Cría intensiva

La lombricultura o vermicompost intensivo se realiza en una estratificación de material orgánico descompuesto llamado lecho, sobre el cual se incorporan las lombrices, cuando estas se encuentran en condiciones ideales de cría intensiva, su longevidad se incrementa, yendo de pocos meses en estado silvestre hasta varios años en cautiverio (Ferruzzi, 1986). Se emplean dos métodos preferentemente según la colocación de los lechos. Si éstas se colocan en el interior de los galpones o invernáculos (muy empleado en Europa) o al aire libre, utilizado sobre todo en América (Cajas, 2009).

2.14 Proceso para la producción de humus

Para la elaboración de los contenedores y la producción de humus existen parámetros los cuales son de importancia y se deben tomar en cuenta a la hora de realizar vermicompost, de tal manera, se brinda un lugar estable y seguro para que las lombrices logren adaptarse y por ende reproducirse dando como resultado una buena producción de humus (Ferruzzi, 1986).

2.14.1 Construcción del lecho

La lombricultura o vermicompost se debe realizar en un lugar plano y ligeramente inclinado, ya que, al realizar riegos este ayudara a colectar lo que no es asimilado por el lecho, además se debe tomar en cuenta que, una pequeña parte del terreno se destinará para la preparación y colección de alimentos los cuales se realizaran en montones de 80 cm de altura para fermentar la materia orgánica (estiércol, hojas, malezas, tamo etc.) durante 90 días (León, 2013).

2.14.2 Medidas más comunes para construcción de lechos

Las medidas que se utilizan comúnmente para los lechos son: largo dos metros o más, ancho un metro y alto 0.40 m, se debe tomar en cuenta que, cuando la anchura es más de un metro se hace incomodo el manejo, puede construirse sobre el mismo piso de tierra, haciéndose necesario entonces colocarle una capa de grava para que sirva de drenaje y por ende la altura de 0.50 m (Cajas, 2009).

2.14.3 Materiales a incorporar en el lecho

Si los materiales no son adecuados (o no se acondicionan bien), las lombrices se resentirán, llegándose a ralentizar o interrumpir el proceso, además, existen dos ingredientes básicos, cuya proporción es fundamental para la velocidad del proceso, estos son nitrógeno y carbono (León, 2013).

2.14.4 Producción de humus

De la alimentación que reciben las lombrices, el 60% emplean en su mantenimiento y reproducción, el 40% restante transforman en humus, es decir que con 500 kg de alimento al año las lombrices sometidas a este proceso intensivo de cultivo producen 200 kg de humus, con una población de 40 000 lombrices por m², es importante aclarar que, una persona puede manejar un criadero de 2 000 m² en forma manual (Avalos, 2009).

2.14.5 Ventajas del uso del humus

Fulimagro (2010) destaca las ventajas del uso del humus de lombriz tales como:

- Favorece la formación de micorrizas.
- Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos, así como la resistencia a las heladas.
- Mayor capacidad de retención hídrica.
- Produce hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas.

2.15 Importancia Económica

La lombriz roja californiana es de gran relevancia económica. Dentro de los diversos productos provenientes del vermicompost se puede mencionar: humus, carne de lombriz, lombriz viva, harina de lombriz, teniendo posibilidades de comercialización en todo el mundo, pero su calidad es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado (Heredia et al., 2011). La carne de lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal de forma cruda y directa o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y producir concentrados de excelente calidad (Napekova, 2016).

Las actividades físicas y los efectos químicos resultantes de la lombriz roja californiana promueven ciclos cortos y rápidos de nutrientes y carbohidratos asimilables (Zapata et al., 2017). Por lo tanto, estas lombrices representan un componente clave en las estrategias biológicas del ciclo de nutrientes en los suelos y la estructura de sus comunidades da una indicación clara del tipo de sistema de suelo que habitan (Burroughs, 2012).

2.16 Marco legal

Esta investigación tiene su normativa en la Constitución de la República del Ecuador (2008) y la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (2017) en el numeral 13 del Artículo 281 de la Constitución donde señala que, es responsabilidad del Estado prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

Es por ello que, se sugiere utilizar alternativas de origen orgánico como menciona el Art. 12 de la fertilización donde aclara que, en caso de utilizar materiales orgánicos de producción local tales como estiércol o lodos residuales, entre otros, éstos deberán ser tratados con procedimientos como compostaje, pasteurización, secado por calor, tratamiento con cal o una combinación de éstos, o con la utilización de microorganismos. Se debe constatar mediante pruebas de laboratorio que el sustrato no excede la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helmintos especificados en la normativa vigente (Agrocalidad, 2009).

CAPÍTULO III

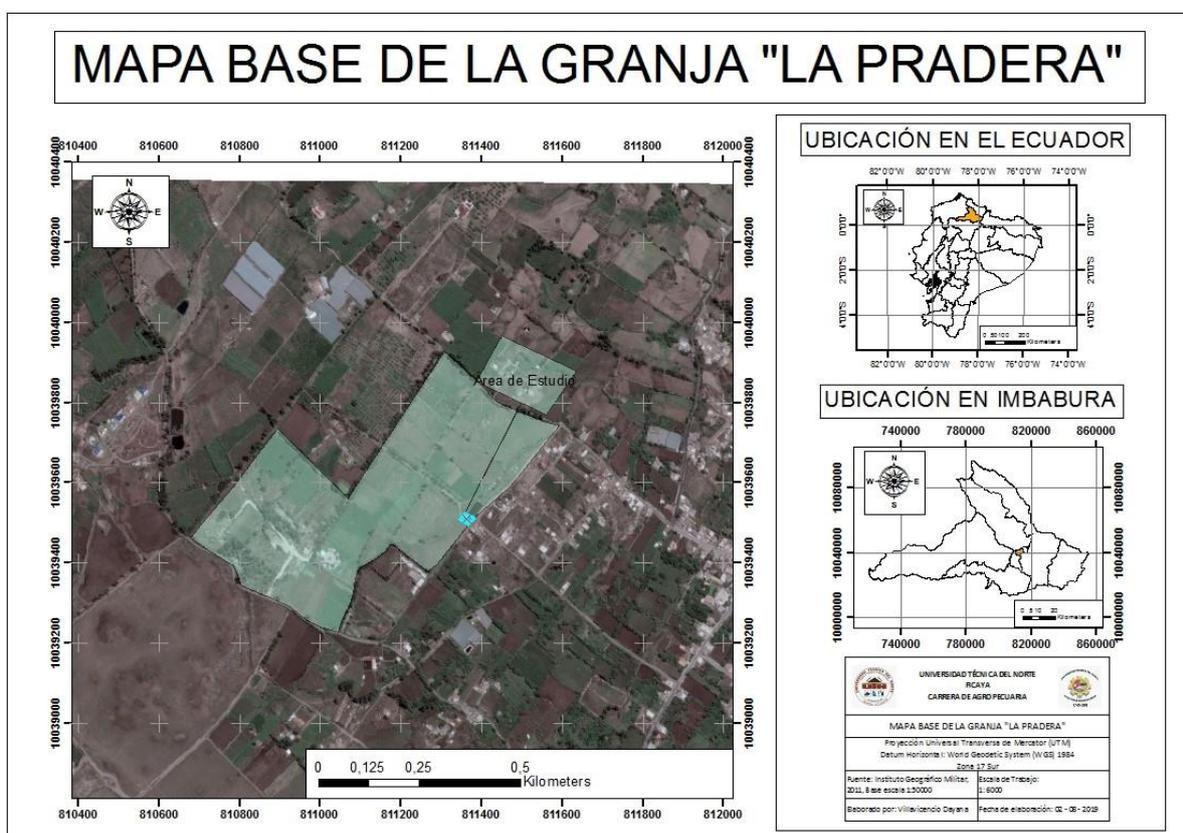
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

El experimento se realizó en el predio de la Universidad Técnica del Norte, “Granja Experimental La Pradera”, en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura, con coordenadas geográficas 00° 21' 19" latitud norte, 78° 11' 32" de latitud oeste, a una altitud de 2 267 m.s.n.m (Figura 6).

Figura 6

Ubicación del área de estudio.



La temperatura media anual es de 14 a 18 °C, con una precipitación anual entre 500 a 750 mm y con un clima sub-húmedo temperado (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2015).

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Materiales de campo

En la investigación se utilizaron materiales, equipos e insumos, los cuales se encuentran descritos a continuación respectivamente (Tabla 5):

Tabla 5

Listado de materiales a emplearse en la investigación.

Materiales de campo	Equipos	Insumos
Libreta de campo	Cámara fotográfica	Lombriz roja californiana especie (<i>Eisenia foetida Sav.</i>)
Pala	Balanza	Estiércol de cuy
Azadón	Higrómetro	Estiércol de vaca
Rastrillo	Termómetro	Restos de cocina
Carretilla	pH- metro	Sustrato (humus)
Cajones de madera		
Recipientes plásticos		
Rótulos de identificación		
Baldes		
Sarán		
Plástico		

3.3 Factores en estudio

Los factores en estudio del proyecto fueron:

- **FA:** Método de crianza

Método de crianza	Código
Cajones de madera	M1
Contenedores plásticos	M2

- **FB:** Tipo y porcentaje de alimentación

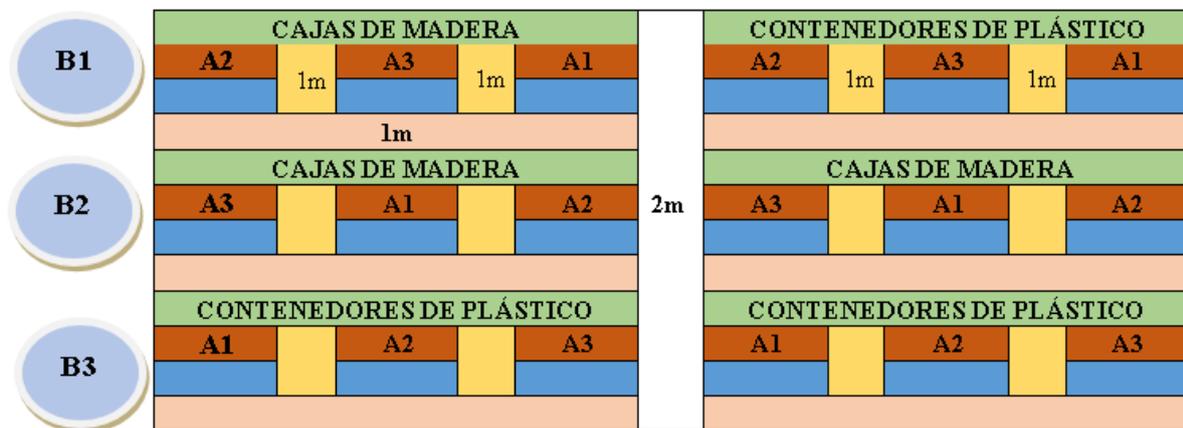
Alimento %			Codificación
Estiércol de cuy	Residuos de cocina	Estiércol de vaca	
25	50	25	(LRC) Lombri-compostera residuos de cocina
50	25	25	(LEC) Lombri-compostera estiércol de cuy
25	25	50	(LEV) Lombri-compostera estiércol de vaca

3.4 Diseño experimental

Se usó el Diseño de Parcelas Divididas en bloques con dos métodos como parcela principal y tres tipos de alimentación como subparcela, distribuidos en tres bloques (Figura 7).

Figura 7

Esquema del área de investigación.



COLORES	INDICADORES
	contenedores
	recolectores de humus
	caminos
	distancia entre tratamientos

3.4.1 Características del experimento

- Tratamientos: 6
- Bloques: 3
- Total de la unidad experimental: 18
- Forma: rectangular
- Separación entre bloques (calles): 2 m
- Área total: 200 m²

3.4.2 Características de la unidad experimental

Método 1: Cajas de madera (figura 8).

- Medida de cajas de madera: 1.20 m²
- Número de cajas de madera: 9

- Altura de las cajas de madera: 0.50 m
- Agujeros: 6 mm

Figura 8

Diseño para los recipientes de madera.



Método 2: Contenedores de plástico (figura 8).

- Medida contenedores de plástico: 1.02 m
- Número de contenedores de plástico: 9
- Altura de los contenedores de plástico: 0.44m
- Agujeros: 6 mm

Figura 9

Diseño para los recipientes de plástico.



3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico que se utilizó se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6

Análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de parcelas divididas

Fuentes de variación	Cálculo de GL	Grados de libertad (GL)
Bloques	(R-1)	2
Método	(M-1)	1
Bloque por Método	(B*M)	2
Alimento	(A-1)	2
Bloque por Alimento	(B*A)	4
Bloque por Método	(B*M)	2
Error		4
Total		17

En la Tabla 7 se observa el análisis que se utilizó para la variable humedad.

Tabla 7

Análisis de varianza (ADEVA) para el porcentaje de humedad

Fuentes de variación	Cálculo de GL	Grados de libertad (GL)
Bloques	(R-1)	2
Método	(M-1)	1
Alimento	(A-1)	2
Profundidad	(P-1)	2
Tiempo	(T-1)	10
Error		42
Total		59

Para la variable temperatura se empleó el análisis que se observa en la Tabla 8.

Tabla 8

Análisis de varianza (ADEVA) para la temperatura

Fuentes de variación	Cálculo de GL	Grados de libertad (GL)
Bloques	(R-1)	2
Método	(M-1)	1
Alimento	(A-1)	2
Tiempo	(T-1)	10
Profundidad	(P-1)	2
Error		42
Total		59

3.6 Variables a evaluarse

Se realizó un muestreo quincenal en el área de cada lecho, en un área de 25 x 25 cm, en total se tomaron tres muestras equidistantes de cada tratamiento completando un peso de un kg

donde se evaluaron el número de lombrices/kg de sustrato, el peso de lombrices según su etapa de desarrollo en gramos (g), así se detalla a continuación:

3.6.1 Porcentaje de humedad

Se evaluó diariamente con el uso de un higrómetro en tres puntos equidistantes de cada tratamiento, la medición fue realizada a diferentes profundidades (5, 10 y 15 cm) y los datos se tomaron a las 12 pm en cada tratamiento como muestra la tabla 5. La evaluación se la realizó por un lapso de 11 meses hasta que la materia orgánica en descomposición se transformó en humus.

Figura 10

Medición de humedad en los tratamientos.



3.6.2 Medición de temperatura

Para controlar la temperatura de 19 a 21°C del vermicompost, se usó un termómetro, siendo insertado en tres diferentes profundidades (5, 10 y 15 cm) en cada uno de los tratamientos como muestra la tabla 6. La medición se realizó diariamente a las 12 pm, durante 11 meses, hasta que la materia orgánica se transformó a humus (Figura 11).

Figura 11
Medición de temperatura.



3.6.3 *Conteo y peso de masa viva*

Se extendió la muestra en una mesa donde se realizó la búsqueda de cocones, juveniles y adultos, mismos que, fueron clasificados tomando en cuenta que los cocones son huevecillos de las lombrices, los juveniles fueron detectados por la ausencia del clitelo y las adultas por la presencia del mismo. Se realizó el respectivo conteo y peso de las lombrices (Figura 12). Esta variable fue medida cada 15 días durante seis meses.

Figura 12
Conteo y peso de las lombrices.



3.6.4 *Cantidad de lixiviados*

Los lixiviados de la descomposición de materia orgánica fueron colectados en contenedores plásticos y fueron medidos cada semana (litros/semana) durante los 11 meses de evaluación (Figura 13) y (Tabla 9).

Tabla 9.

Análisis de varianza (ADEVA) para la cantidad de lixiviados

Fuentes de variación	Cálculo de GL	Grados de libertad (GL)
Días	(D)	1
Método	(M-1)	1
Alimento	(A-1)	2
Error		4
Total		8

Figura 13

Recolección de lixiviado.



3.6.5 Granulometría del humus

Se tomaron tres muestras por tratamiento en intervalos de 30 días (Figura 14), desde los dos hasta los 11 meses después de iniciar el proceso, se evaluó la granulometría del sustrato expresada en porcentaje (%); ésta se determinó a partir de la agitación de 100 g del sustrato en un tamiz No. 10 (2 mm de diámetro) (Figura 15) y (Tabla 10), durante 30 segundos.

Tabla 10.

Análisis de varianza (ADEVA) para la granulometría

Fuentes de variación	Cálculo de GL	Grados de libertad (GL)
Tiempo	(T)	1
Método	(M-1)	1
Alimento	(A-1)	2
Error		4
Total		8

Figura 14

Recolección y secado del humus para tamizaje.



Figura 15

Tamiz número 10.



3.6.6 Presencia de insectos

Se realizó un chequeo diario para identificar la presencia de insectos asociados al proceso de descomposición en cada tratamiento, aquí se identificó: el orden de cada especie y se observó la presencia de insectos desde el primer día, además se realizaron evaluaciones cada 15 días en una muestra de 1 kg tomado al azar. Al finalizar el proyecto se realizó una caja entomológica (Figura 22).

3.6.7 Análisis de nutrientes y relación C/N

Esta variable se evaluó al final del proyecto, aquí se tomó una muestra de humus sólido de 500 g por tratamiento con la ayuda de un barreno, se colocó en una funda plástica y se etiquetó cada

tratamiento. Posteriormente se envió al laboratorio de suelos y plantas Agrarprojeckt ubicado en la ciudad de Quito, el cual realizó un análisis basado en relación C/N, así como macro y micronutrientes.

3.6.8 Costos de producción

Se registró los costos directos e indirectos como son: materiales y de la mano de obra, por kilogramo de vermicompost teniendo en cuenta la depreciación y la vida útil de los insumos. Adicionalmente, se calcularon los costos de las herramientas y materiales por kilogramo de humus producido.

3.7 Análisis estadístico

En el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza a través del programa InfoStat 2018, con pruebas de Fisher ($\alpha=0.05$).

3.8 Manejo del experimento

3.8.1 Selección del terreno para la ubicación del experimento

El lugar fue seleccionado considerando las siguientes condiciones:

- Sombra: se buscó un lugar que tenga cobertura ya que ella mantuvo el vermicompost protegido del sol.
- Pendiente: Ésta fue de 2% y fue un lugar alejado donde no frecuenten otras personas ya que el proceso de vermicompost atrae moscas y en algunos casos malos olores (Figura 16).

Figura 16

Selección de terreno para la preparación de los alimentos.



3.8.2 *Recolección de alimentos para las lombrices*

Los alimentos fueron obtenidos de la Granja Experimental “La Pradera” y del mercado Mayorista ubicado en la Ciudad de Ibarra, los cuales fueron estiércol de vaca, estiércol de cuy y de residuos de cocina. De cada uno se utilizaron 552 kg (Figura 17). Previo a la instalación del experimento se realizó tratamiento a los estiércoles por 15 días para disminuir la temperatura y estabilizar el pH. Cabe recalcar que a los 4 meses de haber iniciado el proyecto se suministró el doble de alimento que la primera vez en los contenedores de madera, puesto que estos no cumplían con la mínima altura de alimento (15cm) que requiere la lombriz.

Figura 17

Recolección de alimentos en La Granja Experimental La Pradera.



Los residuos de cocina como: residuos de hortalizas, legumbres, frutas, entre otros, se colectaron una semana antes de empezar el proyecto. Además, se sometió a un picado para que las lombrices puedan ingerirlo con facilidad (Figura 18).

Figura 18

Picado de los residuos vegetales.



3.8.3 Preparar el área para elaborar compost

Cerca del área de estudio se delimitó un espacio de 5 m² por alimento para equilibrar la temperatura de 19 a 23°C la cual es necesaria para un comportamiento óptimo de la lombriz. Además, se realizaron riegos y volteos constantes por un tiempo aproximado de 15 días.

3.8.4 Elaboración de contenedores

En la superficie de las cajas de madera se utilizó un plástico blanco con perforaciones de seis milímetros que coincidieron con los orificios que se realizaron en cada caja, además se colocó malla verde de 10 x 10 cm alrededor de cada orificio y se sujetó con tachuelas para que drene solamente el lixiviado y no permita la salida de alimento y de las mismas lombrices.

Con respecto a los contenedores plásticos no se utilizó el plástico blanco, pero si se colocó la malla verde con la misma finalidad que para las cajas de madera (Figura 19).

Figura 19

Adecuación de los contenedores.



3.8.5 Incorporación de alimento, sustrato y lombrices

Una vez que se estableció el proyecto se procedió a incorporar el alimento y el sustrato a cada uno de los contenedores tanto plásticos (Figura 20a) como de madera (Figura 20b) y desde allí se contabilizó los días para la primera muestra en donde se evaluó la dinámica poblacional. Una vez incorporado el alimento y el sustrato se agregó a cada contenedor 50 lombrices. Cada tratamiento fue identificado con rótulos para una mejor visualización. Además, se realizaron riegos y volteos constantes, como también la medición de la temperatura y la humedad relativa, con la finalidad de proporcionar las condiciones ideales para el manejo.

Figura 20

Incorporación del alimento a cada uno de los métodos.



Nota: a). contenedores de plástico y b) contenedores de madera.

3.8.6 Seguimiento del experimento

Se ejecutó un seguimiento diario para mantener las condiciones óptimas como temperatura de 19 a 21°C, en caso de encontrar una temperatura sobre el rango se procedía hacer volteos, para que a través de la aireación y con la ayuda del riego la temperatura baje, el rango óptimo de la humedad relativa es de 75 a 80%, para mantener la humedad se realizaba riegos 3 veces a la semana, con la ayuda de una botella de 5 litros, en caso no llega al rango optimo se adicionaba una botella más hasta lograr la humedad deseada. Así como también se realizó volteos quincenales y aportes de riego según los requerimientos de cada uno de los tratamientos para el mejor desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida Sav.*) y la elaboración de humus.

3.8.7 Elaboración de caja entomológica

La caja entomológica se elaboró con el fin de conocer los diferentes insectos que estuvieron inmersos en el vermicompost, los insectos se colectaron a medida que aparecieron en el proyecto (Figura 21).

Figura 21
Elaboración de caja entomológica.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del proceso de vermicompost, donde se evaluó la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida Sav.*), como muestra cada uno de los tratamientos respectivos, de los cuales, la mayor parte del alimento se convirtió en humus con una granulometría de dos milímetros.

4.1 Porcentaje de humedad

En la Tabla 11 los resultados obtenidos del análisis estadístico indican que no existe interacción entre método, alimento proporcionado y profundidad de medición de la humedad ($F=0.15$; $GL=9538$; $p=0.9631$). Sin embargo, existe interacción entre los factores: método de crianza y profundidad ($F=12.13$; $GL=2,9538$; $p<0.0001$), no así con el alimento ($F=2.47$; $GL=2.9538$; $p<0.0849$).

Tabla 11

*ADEVA del porcentaje de humedad para la crianza de (*Eisenia foetida Sav.*)*

Fuente de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Método	1	9538	251.85	<0.0001
Alimento	2	9538	0.06	0.9409
Profundidad	2	9538	699.78	<0.0001
Método: Alimento	2	9538	2.47	0.0849
Método: Profundidad	2	9538	12.13	<0.0001
Alimento: Profundidad	4	9538	0.02	0.9993
Método: Alimento: Profundidad	4	9538	0.15	0.9631

En la Figura 22 se observa que hay diferencias porcentuales del contenido de humedad respecto al método de manejo y profundidad de toma de datos. Así se aprecia que en los dos métodos el rango de humedad se mantiene entre 79.34% y 69.81% independientemente de la profundidad de medida, se aprecia que en el método 2, existe mayor humedad que en el método 1.

El método 2 presentó una humedad de 79.34% a una profundidad de 20 cm, siendo mayor en comparación al método en cajones, el cual presentó una humedad de 77.75% a la misma profundidad. Además, se observa que a una profundidad de 15 cm el método con plástico nuevamente presentó una mayor humedad (76.80%) que el método con cajas (74.18%). De la

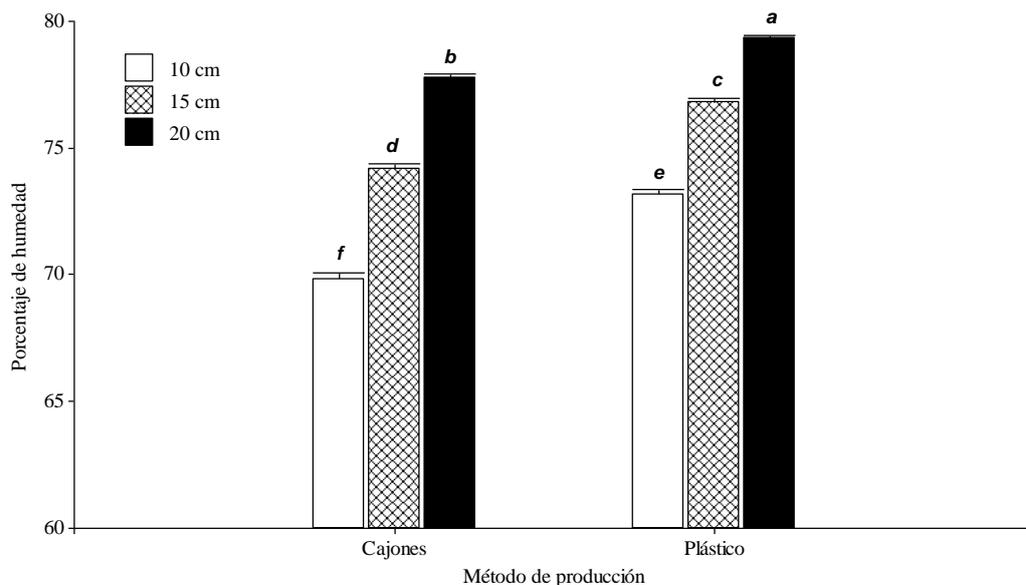
misma manera a una profundidad de 10 cm el método de plástico presentó una humedad de 73.16%, siendo superior al método de cajas de madera que obtuvo 69.81%, debido a la permeabilidad del material, puesto que la madera tiene una permeabilidad alta y el recipiente de plástico menor.

A pesar de existir una diferencia de promedios entre métodos de manejo y profundidades estudiadas en los seis tratamientos, todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango óptimo de humedad que oscila entre el 70 – 80% (Mejía 2011).

En el estudio en el método con cajas de madera a profundidad de 10 cm es donde más se pierde humedad tanto por evaporación como por movimiento vertical. Por ende, el contenido de humedad más alto fue en los contenedores plásticos debido a la capacidad de retener humedad donde el mayor volumen de alimentos se aglomera al fondo generando una textura que limita la percolación de lixiviados.

Figura 22

Porcentaje de humedad en los métodos utilizados para la crianza de Eisenia foetida Sav.



En la presente investigación, el método de manejo y la profundidad influyeron en la variable humedad, obteniendo valores entre 79.34 a 69.81%, recalando que el método con plástico tiene la humedad más elevada independientemente de la profundidad. Datos diferentes obtuvieron Loza et al. (2011) en un estudio de vermicompost con *Eisenia foetida Sav.*, realizado en túneles de madera, con resultados donde la humedad osciló entre 77 a 81% desde 15 a 20cm, utilizando las mismas fuentes alimenticias.

De la misma manera, Limachi (2018) en un estudio de vermicompost en cajones de madera, identificó que este sistema de manejo mantiene una condición de humedad de alrededor del 80% sin embargo su evaluación fue de forma manual y no con higrómetro, por lo que se puede mencionar que el uso de contenedores de madera también permite mantener la humedad y condiciones idóneas para el proceso de descomposición. Además Jaramillo y Niveló (2018) afirman que en cualquier método para la obtención de abono mediante crianza a partir de cajones no debe ser mayor al 80% de humedad debido a que este parámetro es óptimo para la reproducción de la lombriz roja californiana siendo igual al presente estudio.

Es necesario indicar que las humedades se mantuvieron en el rango ideal debido a la aplicación constante de riego y volteos adecuados durante todo el experimento. Mantener los niveles adecuados de agua permitió que tanto la biota como la microbiota presente en el vermicompost puedan descomponer la materia orgánica de manera eficiente (Wurff et al., 2016). De la misma forma, debido al correcto mantenimiento de las composteras se logró evitar procesos anaeróbicos que podrían ser perjudiciales para las lombrices.

4.2 Temperatura

En la Tabla 12, se observa que no existe interacción entre los métodos de manejo, tipo de alimento y profundidad de medición ($F=0.07$; $GL=4,9538$; $P=0.9902$). Por otro lado, se puede apreciar que existe interacción entre método de manejo y tipo de alimento ($F=10.10$; $GL=2,9538$; $p<0.0001$). Además, de forma independientemente, el factor profundidad presenta diferencias estadísticas significativas ($F=806.77$; $GL=2,9538$; $p<0.0001$).

Tabla 12

ADEVA del porcentaje de temperatura en la producción de Eisenia foetida Sav., con dos métodos de elaboración de humus

Fuente de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Método	1	9538	7.68	0.0056
Alimento	2	9538	13.06	<0.0001
Profundidad	2	9538	806.77	<0.0001
Método: Alimento	2	9538	10.10	<0.0001
Método: Profundidad	2	9538	0.80	0.4487
Alimento: Profundidad	4	9538	0.27	0.8962
Método: Alimento: Profundidad	4	9538	0.07	0.9902

La prueba de Fisher al 5% permite observar que la temperatura respecto al método de manejo y alimento se mantiene en un rango entre 19.43 y 19.36 °C. Sin embargo, con el método contenedor de plástico y el alimento LEV se aprecia diferencias estadísticas respecto al resto

de tratamientos, presentando el valor más bajo con 19.15°C (Tabla 13). No obstante, estos valores de temperatura están dentro de los rangos óptimos (15 a 25°C) para la crianza de *Eisenia foetida Sav.*, (Mejía, 2011).

Tabla 13

Temperatura con relación a método de crianza y alimento

Método	Alimento	Temperatura (°C)	E. E.	Rango
Plástico	LRC	19.43	0.05	A
Cajones	LEC	19.42	0.05	A
Cajones	LRC	19.36	0.05	A
Cajones	LEV	19.36	0.05	A
Plástico	LEC	19.36	0.05	A
Plástico	LEV	19.15	0.05	B

En el experimento se obtienen resultados para la variable temperatura de 19.15 a 19.43°C los cuales se mantienen dentro del rango óptimo que requiere la lombriz para sobrevivir. Vázquez et al. (2007) mencionan que, al evaluar la dinámica poblacional de *Eisenia foetida Sav.*, en contenedores de madera a campo abierto, con alimento tipo estiércol bovino y ovino, se obtuvo como resultado valores entre 20.6 a 22.72°C. Estos valores son superiores a los identificados en la presente investigación, probablemente esta diferencia está relacionada con el tipo de cubierta, por lo que se deduce que al estar protegidas de los rayos directos del sol, pudieron mantener mayor humedad y por ende menor temperatura ya que estas son inversamente proporcionales (Pineda, 2006).

De la misma manera Gallo y Jiménez (2019) mencionan que para evaluar la dinámica poblacional de *Eisenia foetida Sav.*, donde se utilizó contenedores como lecho y residuos de cocina como alimento, se obtuvo como resultado una temperatura promedio de 23°C. Se podría atribuir los resultados a un manejo adecuado de la vermicomposta, ya que como se mencionó anteriormente los volteos y riegos constantes permiten mantener la humedad y temperatura en niveles óptimos, (Getahun et al., 2012; Wurff et al., 2016).

4.3 Dinámica poblacional con base en el número de lombrices

Lombrices Adultas

En la Tabla 14, indica que no existe diferencia significativa para día, método y tipo de alimento (F=0.10; GL=22,142; p=<0.0001). Por otro lado, existe una interacción entre los factores día y método (F=9.34; GL=11.142; p=<0.0001). Se puede apreciar que no existe diferencia

significativa en el factor alimento ($F=2.88$; $GL=2,142$; $p=0.0594$). Además, los demás factores método y día no presentan una diferencia significativa notable.

Tabla 14

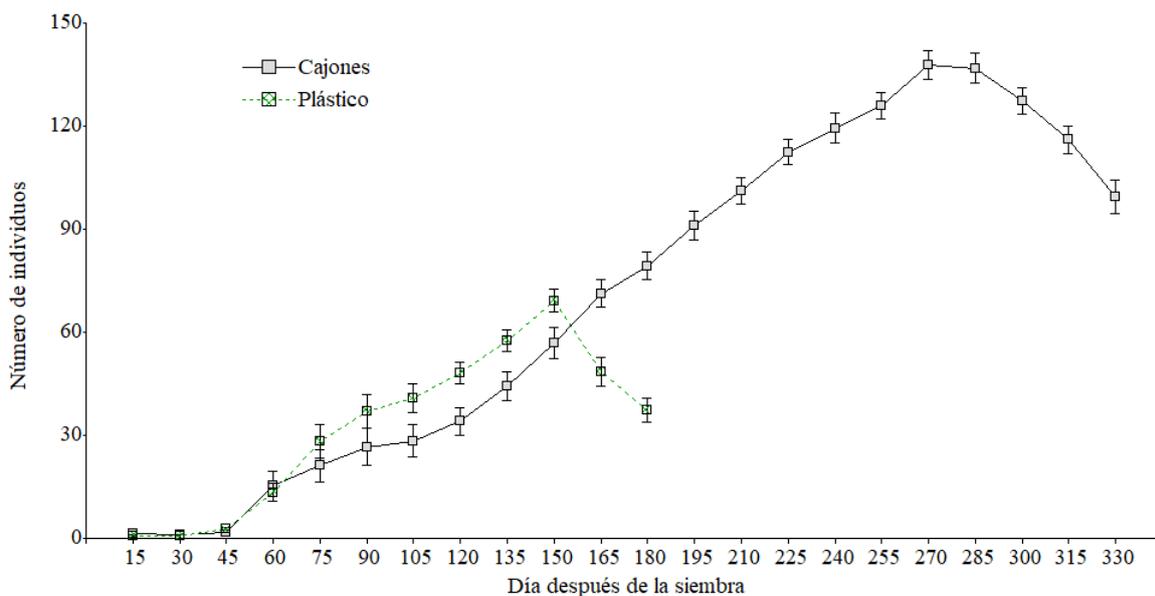
ADEVA sobre el número de lombrices adultas en comparación de dos métodos de crianza

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	11	142	72.68	<0.0001
Método	1	142	0.02	0.8845
Alimento	2	142	2.88	0.0594
Día: Método	11	142	9.34	<0.0001
Día: Alimento	22	142	0.19	>0.9999
Método: Alimento	2	142	0.36	0.6951
Día: Método: Alimento	22	142	0.10	>0.9999

En la Figura 23 se observa un crecimiento poblacional en los dos métodos de cría en etapa adulta, donde el método 2 indica un crecimiento hasta los 150 días sin necesidad de incorporar más alimento con un declive hasta los 180 días. Al contrario del método 1, que extendió su tiempo a 330 días puesto que, a los tres meses requirió incorporar el doble de alimento. Además, se aprecia que, el método cajones de madera presenta valores más altos para las lombrices adultas utilizando diferentes combinaciones alimenticias con un promedio de 90 individuos, y el método contenedor de plástico un promedio de 45 individuos.

Figura 23

Número de individuos adultos de Eisenia foetida Sav., dependiendo el tipo de contenedor evaluados a los 180 y 330 días.



Así mismo, Romero et al. (2018) añaden que; utilizar combinaciones alimenticias para evaluar *Eisenia foetida Sav.*, en cajones de madera, aumenta la población significativamente. Es así, que se registró la mayor cantidad de lombrices jóvenes (113.29 unidades) y de lombrices adultas (98.94 unidades), utilizando un tubo (PVC) de 40 cm de largo y 10.16 cm de ancho para tomar la muestra.

De igual manera Campoverde et al. (2020) mencionan que al usar como sustrato cáscara de papa mezclado al 50% con estiércol de cuy en cajones de madera, se registró un promedio de 100 lombrices adultas. Comprobando que los cajones de madera son útiles en la productividad. Cabe mencionar que los residuos de cocina, no fueron clasificados previo la alimentación, otorgando mezclado cascaras y restos de frutas y vegetales, lo que podría ser una causa para tener esta producción.

Estadios Juveniles

En la Tabla 15, se evidencia que no hay una interacción entre los factores día, método y alimento ($F=0.34$; $GL=22,142$; $p=0.9977$), pero si existe una interacción entre los factores día y método ($F=44.92$; $GL=11,142$; $p<0.0001$) y no existe una diferencia significativa en el factor alimento ($F=2.38$; $GL=2,142$; $p=0.0966$).

Tabla 15.

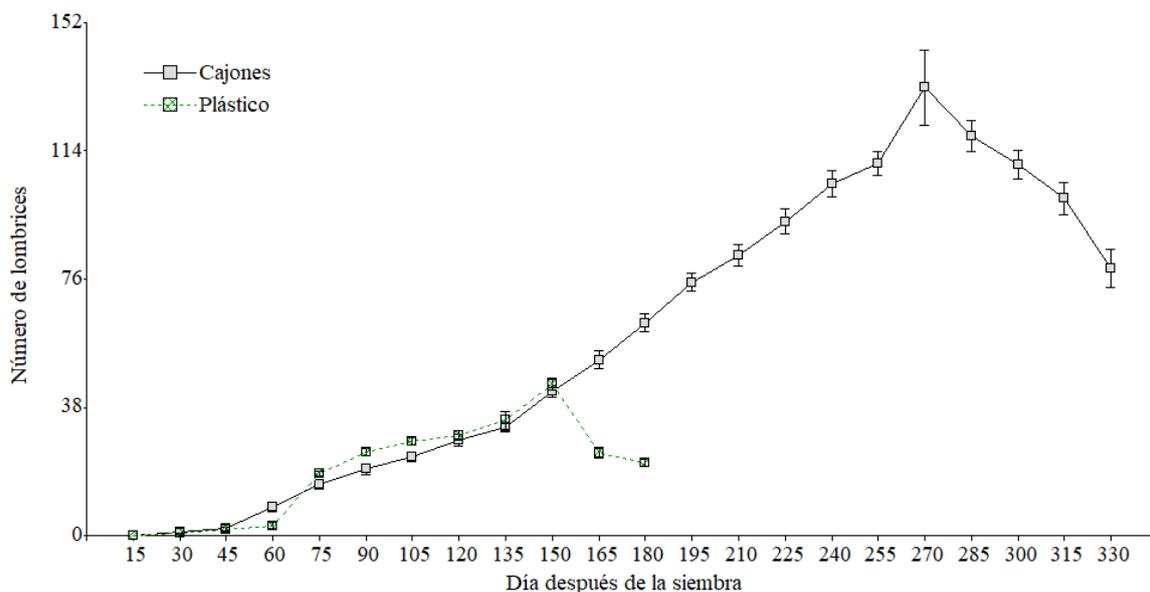
ADEVA sobre el número de lombrices juveniles en comparación de dos métodos de crianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	11	142	230.98	<0.0001
Método	1	142	57.84	<0.0001
Alimento	2	142	2.38	0.0966
Día: Método	11	142	44.92	<0.0001
Día: Alimento	22	142	0.85	0.6544
Método: Alimento	2	142	0.95	0.3889
Día: Método: Alimento	22	142	0.34	0.9977

En la Figura 24; se puede apreciar que el método 1 mantiene el crecimiento poblacional hasta los 270 días en etapas juveniles con un declive hasta los 330 días. Además, se observa un menor crecimiento en el método 2 hasta los 150 días, con un decrecimiento a los 195 días, debido a que en el contenedor de madera la lombriz cuenta con mayor espacio, lo cual mejora su hábitat y sus parámetros ambientales.

Figura 24

Número de individuos juveniles de Eisenia foetida Sav, según el tipo de contenedor evaluados a los 150 y 330 días.



En una investigación similar, Vázquez et al. (2007) mencionan que; al evaluar *Eisenia foetida Sav.*, con dietas combinadas de estiércol bovino, en cajas de polietileno expandido tomando una muestra de 1 kg se obtuvo 1.63 lombrices jóvenes y 22.62 adultos. Estos datos son inferiores a los de la presente investigación, puesto que en lombrices jóvenes se obtuvieron 25.14 unidades y aunque se usó a la misma especie y el mismo alimento, se obtuvo un valor diferente para las lombrices adultas con 34.61 unidades, seguido de juveniles con 25.14 y los cocones con 19.19 unidades. Cabe recalcar que los resultados se obtuvieron en una muestra de 1 kg de humus y la posible causa de la alta población se deba al amplio espacio que disponían y la aireación generada al momento del volteo.

Además, Valenzuela (2018); afirma que en la producción de lombrices, el promedio en sustratos con alimentos de hortalizas se mantiene entre 50 a 150 individuos jóvenes debido a su alta disponibilidad de nutrientes que ofrecen dichos alimentos, por ello se aprecia que existe una similitud encontrándose en el rango del autor con el presente estudio.

Etapa de cocones

La información de la Tabla 16, sugiere una interacción entre los factores día y método ($F=25.24$; $GL=11,142$ $p<0.0001$), aunque, no existe una diferencia significativa en el factor Alimento ($F=2.19$; $GL=2,142$; $p=0.1157$).

Tabla 16.

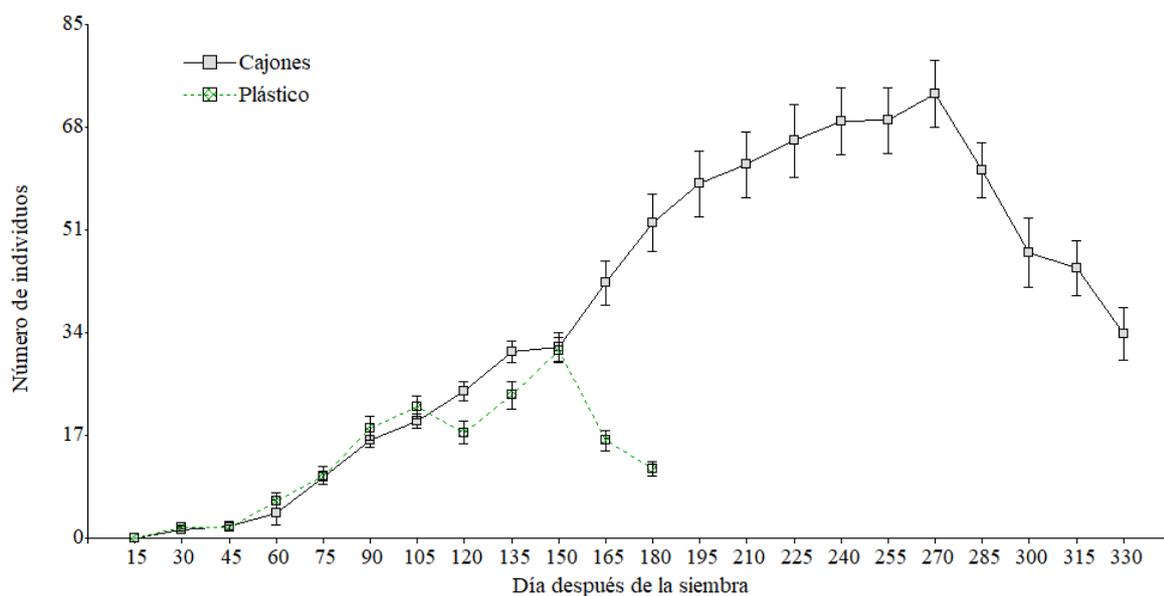
ADEVA para número de lombrices en etapa de cocones comparados en dos métodos de crianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	11	142	83.49	<0.0001
Método	1	142	64.35	<0.0001
Alimento	2	142	2.19	0.1157
Día: Método	11	142	25.24	<0.0001
Día: Alimento	22	142	0.62	0.9078
Método: Alimento	2	142	0.49	0.6108
Día: Método: Alimento	22	142	0.61	0.9114

Por otro lado, el incremento de cocones de *Eisenia foetida Sav.*, en el método 1 se presentó hasta los 270 días, decreciendo progresivamente desde los 270 hasta los 330 días reduciendo un promedio de 50 cocones, mientras en el método 2 presenta un declive entre los 105 a 120 días con un promedio de 17 cocones menos, posiblemente, al realizar la remoción antes de cada conteo los cocones se dispersaron quedando pocos en la muestra (Figura 25).

Figura 25.

Número de cocones de Eisenia foetida, Sav. dependiendo del tipo de contenedor, evaluados a los 150 y 330 días.



De la misma manera, el contenedor de madera demuestra ser mejor para la producción de cocones, en comparación con los de plástico que se usó en la investigación y los canteros de bloques que utilizaron Díaz et al. (2008) quienes evaluaron la dinámica de crecimiento y producción de *Eisenia foetida Sav.*, alimentadas con estiércol bovino, donde se obtuvo 28.67

unidades para los cocones, en una muestra de 1 kg. Siendo un valor inferior a la crianza con el método de cajones con una diferencia del 25% aproximadamente con relación al estudio presente. Lo cual se podría atribuir que las lombrices necesitan tener diversidad en su alimentación.

Los primeros 105 días existe un crecimiento de cocones independientemente del método, sin embargo, el método 1 en los días 105 a 120 disminuye y los siguientes 30 días aumenta, pero el pico declina hasta el día 180, contrario a este pasa con el método 2 donde el incremento se da hasta el día 270 y es ahí donde empieza su declive hasta los 330 días. Se estima que esto se debe al incremento de alimento a las vermicomposteras, ayudando a las lombrices a la reproducción en etapas iniciales. Lo cual concuerda con (Ferruzi, 1986), donde afirma que el alimento proporcionado está relacionado directamente con la dinámica poblacional específicamente en la producción de lombrices en etapa de cocones.

4.4 Dinámica poblacional en base al peso de las lombrices

Lombrices adultas

En la Tabla 17, se aprecia una interacción entre los factores día y método ($F=10.01$; $GL=9,116$; $p<0.0001$). Además, no existe una diferencia significativa en el factor Alimento ($F=2$; $GL=2,116$; $p=0.1404$).

Tabla 17

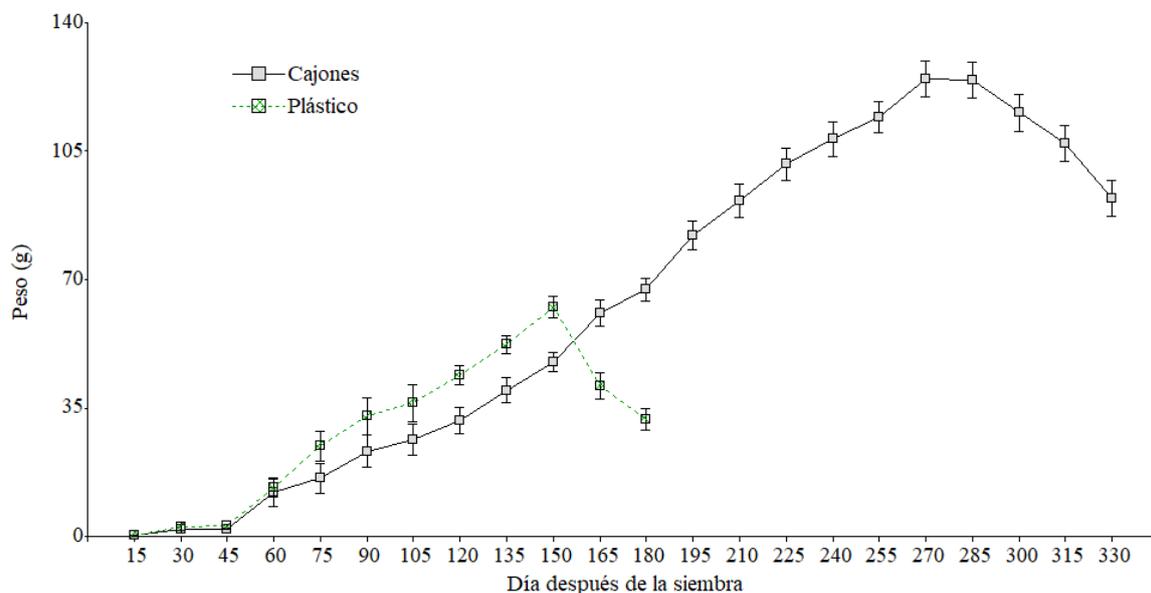
ADEVA sobre el número de lombrices adultas en base a los métodos de crianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	9	116	45.86	<0.0001
Método	1	116	0.86	0.3551
Alimento	2	116	2.00	0.1404
Día: Método	9	116	10.01	<0.0001
Día: Alimento	18	116	0.34	0.9943
Método: Alimento	2	116	0.60	0.5522
Día: Método: Alimento	18	116	0.15	>0.9999

En la figura 26, se observa un incremento en el peso de las lombrices adultas con los dos métodos. Sin embargo, el peso del método 1 aumenta hasta los 270 días, a partir de ese día decrece hasta el día 330 donde obtiene un peso de 80 g, pero el peso del método 2 llega hasta los 150 días con un promedio de 60 g siendo menor con relación al anterior método.

Figura 26

Incremento de peso de Eisenia foetida Sav., en etapa adulta en dos métodos de elaboración de humus.



Vázquez et al. (2007) en un experimento para evaluar a *Eisenia foetida* Sav., en cajas de polietileno, con dietas preparadas con estiércol bovino compostado, se obtuvo una biomasa de 35.3 g en etapa adulta, siendo estos inferiores en comparación al actual proyecto, debido a que se usó únicamente desechos de vegetales y una densidad apropiada para el crecimiento poblacional.

Santos (2021), al evaluar el peso de las lombrices adultas en sustrato a base de estiércol bovino llegó a 85 g de biomasa en canastillas de plástico, datos superiores en comparación con el estudio actual con el método de plástico con un 50% menos lo que se podría deber a las condiciones de aireación y diferente alimentación.

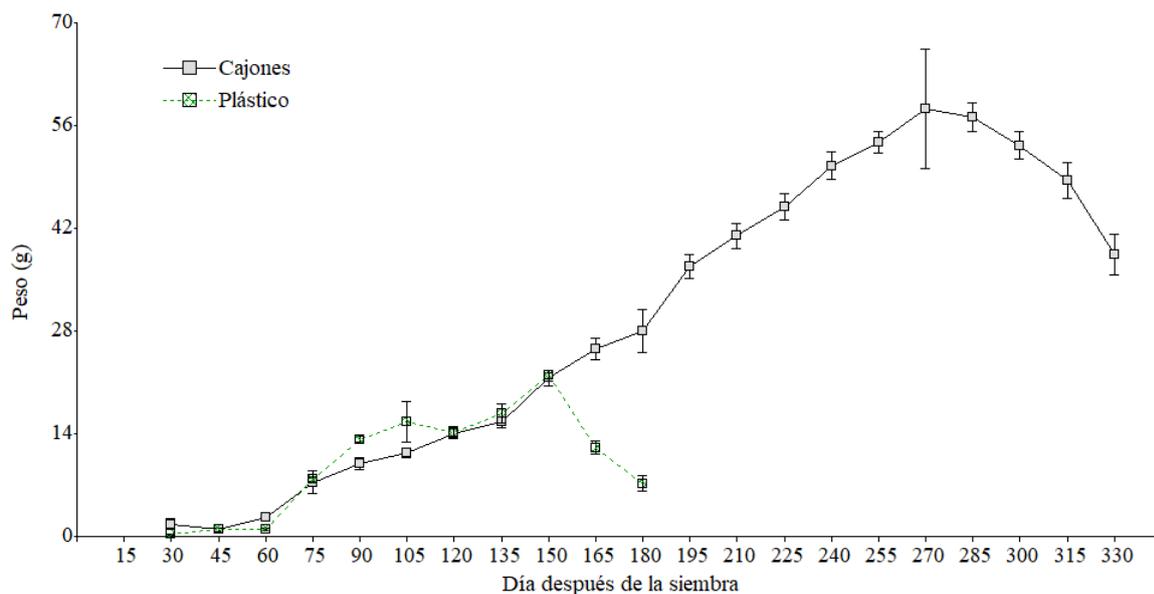
Lombrices juveniles

La Tabla 18, muestra una interacción entre los factores día y método ($F=22.04$; $GL=9,115$; $p<0.0001$). Además, existe una diferencia en el factor Alimento ($F=4.03$; $GL=2,115$; $p=0.0204$).

Tabla 18.*ADEVA sobre el número de lombrices jóvenes en comparación de dos métodos de crianza.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	9	115	64.64	<0.0001
Método	1	115	24.33	<0.0001
Alimento	2	115	4.03	0.0204
Día: Método	9	115	22.04	<0.0001
Día: Alimento	18	115	1.22	0.2593
Método: Alimento	2	115	1.29	0.2792
Día: Método: Alimento	18	115	0.62	0.8786

Por otro lado, en la figura 27 se puede apreciar que existe un incremento notorio hasta los 270 días con un promedio de 58.29 g; además, dentro de cada método las diferencias son notorias, tomando como referencia los 150 días para el método 2 con un promedio de 21.90 g los cuales al pasar de los días van reduciendo llegando a los 180 días un peso de 5 g.

Figura 27*Peso de Eisenia foetida Sav. en etapa juvenil.*

En estudios realizados por Garrido (2014) en producción de humus de *Eisenia foetida Sav.*, en cajas de madera, obtuvo los siguientes resultados destacando al aserrín + estiércol de cuy con mejores promedios de 55.91 g/kg. Sin embargo, estos valores son superiores a los del experimento actual, ya que, al elaborar humus con dietas que contienen estiércol de cuy, se obtiene los siguientes resultados para lombrices juveniles con una diferencia notable 8.34 g.,

pues al utilizar residuos de madera (aserrín), ayuda aumentar masa lo que logra tener un peso elevado.

Etapa de cocones

En la Tabla 19, se muestra una interacción entre los factores día y método ($F=22.04$; $GL=9,124$; $p<0.0001$). Además, existe una diferencia en el factor Alimento ($F=4.03$; $GL=2,124$; $p=0.0204$).

Tabla 19.

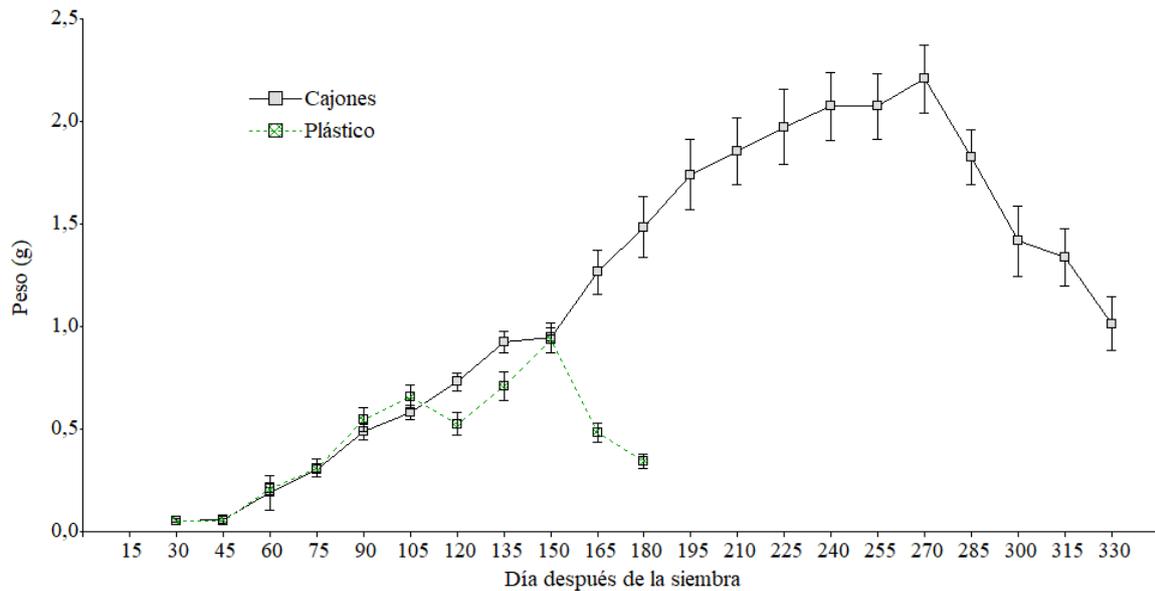
ADEVA sobre el número de lombrices en etapa de cocones comparados en dos métodos de crianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Día	10	124	66.89	<0.0001
Método	1	124	70.40	<0.0001
Alimento	2	124	2.12	0.1242
Día: Método	10	124	23.78	<0.0001
Día: Alimento	20	124	0.95	0.5255
Método: Alimento	2	124	1.21	0.3022
Día: Método: Alimento	20	124	0.85	0.6437

De la misma manera en la figura 28, se puede observar que, para el método 1, en el cual se hace referencia hasta los 270 días, incrementa el peso con un promedio de 1.6 g, con un punto máximo de 2 g decreciendo progresivamente hasta los 330 días. Sin embargo, en los tratamientos con plástico existieron picos a los 90 y 135 días con un promedio de 0,5 g.

Figura 28.

Peso de Eisenia foetida Sav. con relación a la etapa de cocón.



Mejía (2017), indica que al evaluar la producción de lombrices en etapa de cocones con dos diferentes plásticos mostró un bajo peso con un promedio de 1.3g debido al proceso de degradación del plástico biodegradable causante de la liberación de grupos funcionales químicos que afectaron el desarrollo de esta etapa, afirmando que el plástico presenta una baja producción y crecimiento poblacional corto.

Por otro lado, Limachi (2018) menciona que, al evaluar el efecto de estiércol bovino y aserrín descompuesto como alimento de *Eisenia foetida Sav.*, se obtienen mayores resultados entre los 77.51 y 55.31 g de biomasa total en etapas juveniles, afirmando que la dieta para esta etapa debería ser con un abono orgánico para mejorar el peso y a su vez la producción de lombriz roja.

4.5 Cantidad de lixiviados

En la Tabla 20 se observa que no hay interacción entre los factores días, métodos de manejo y alimento ($F=0.46$; $GL=48,298$; $p=0.9993$). Sin embargo, solo existe interacción entre dds y método de manejo ($F=0.46$; $GL=24,298$; $p=0.0001$).

Tabla 20*ADEVA del lixiviado de la lombricompostera en la producción de Eisenia foetida Sav.*

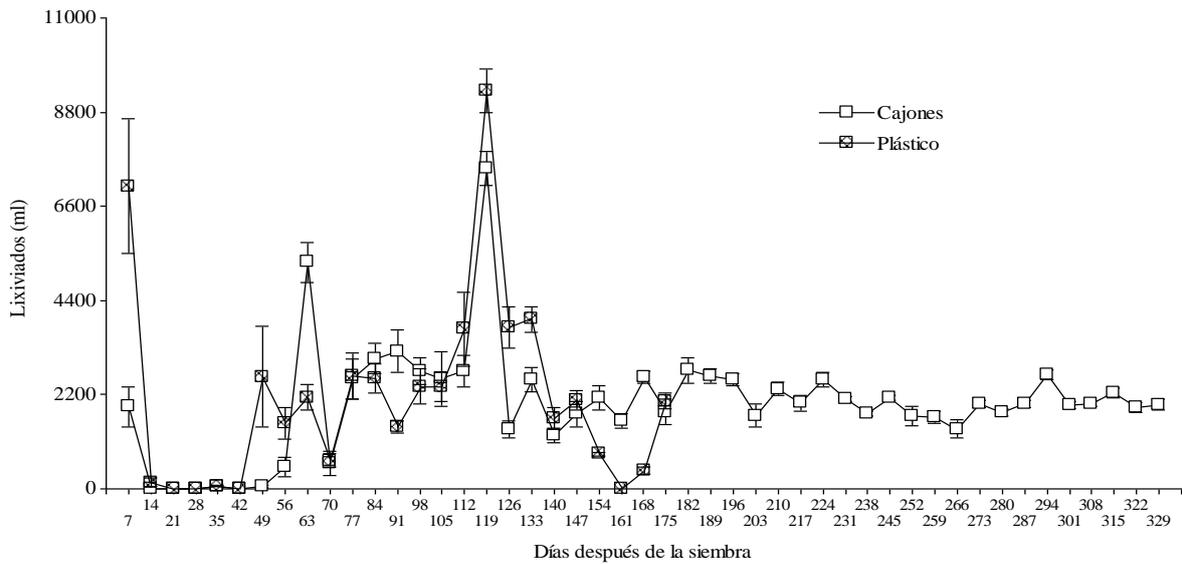
Fuente de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Días después de la siembra	24	298	33.62	<0.0001
Método	1	298	3.15	0.0767
Alimento	2	298	0.69	0.5006
Días después de la siembra: Método	24	298	7.08	<0.0001
Días después de la siembra: Alimento	48	298	0.56	0.9914
Método: Alimento	2	298	1.15	0.3194
Días después de la siembra: Método: Alimento	48	298	0.46	0.9993

En la Figura 29 se puede apreciar que existen variaciones en cada uno de los métodos de manejo, esto se debe a la temperatura ambiental y al requerimiento de cada uno de los tratamientos, ya que, en el método 1 por su amplia capacidad, el alimento y sustrato tenían una capa más delgada que el método 2. Esto resultó en que las vermicomposteras tengan una evaporación más elevada que las del método 2, por ello requirió mayor cantidad de riego para poder mantener los rangos óptimos que necesita la lombriz roja californiana.

Se observa que a los 119 dds se obtiene mayor cantidad de lixiviado puesto que, en época seca la humedad bajaba con mayor facilidad requiriendo mayor cantidad de riego, es por ello que, se obtuvo como resultado en método 1: 7488.89 ml, y en método 2: 9300.00 ml.

Por otro lado, se observa que en el día 161 no hubo drenaje de líquidos para M2, en comparación con el M2 que obtuvieron 1583.33 ml, en este caso las condiciones ambientales favorecieron al método 2, ya que, al no estar en época seca se logró mantener la humedad en el rango óptimo de requerimiento. Cabe recalcar que, la forma cilíndrica del método 2 favoreció en dos aspectos: la fácil recolección de lixiviados y la conservación de la humedad.

Figura 29
Cantidad de lixiviados.



Respecto a las características organolépticas de los lixiviados, se observó un color café oscuro e inodoro en el tratamiento LEC (Figura 30), siendo este similar al resultado obtenido por Granada y Prada (2015). Por otro lado, para los tratamientos LRC y LEV se observan un color café claro.

Figura 30
Coloración de lixiviado en los seis tratamientos utilizados para la crianza de *Eisenia foetida*. Sav.



La coloración del lixiviado fue diferente para cada uno de los tratamientos siendo LEC el que logró obtener el color negro marrón, el cual es necesario para ser considerado como fertilizante como mencionan Bencomo et al. (2017). Se deduce que la combinación de alimentos influyó en la coloración del lixiviado, ya que LEV y en LRC tiene bajos contenidos carbono.

4.6 Granulometría del humus

En la Tabla 21, los resultados del análisis estadístico de la variable granulometría muestran que no hay interacción entre los factores mes, métodos de crianza y tipo de alimento obteniendo como resultados ($F=0.20$; $GL=8,58$; $p=0.9899$). Por otro lado, existe interacción entre los factores mes y método de crianza ($F=31.89$; $GL=4,58$; $p<0.0001$), sin embargo, tampoco hay efecto del alimento sobre la granulometría.

Tabla 21

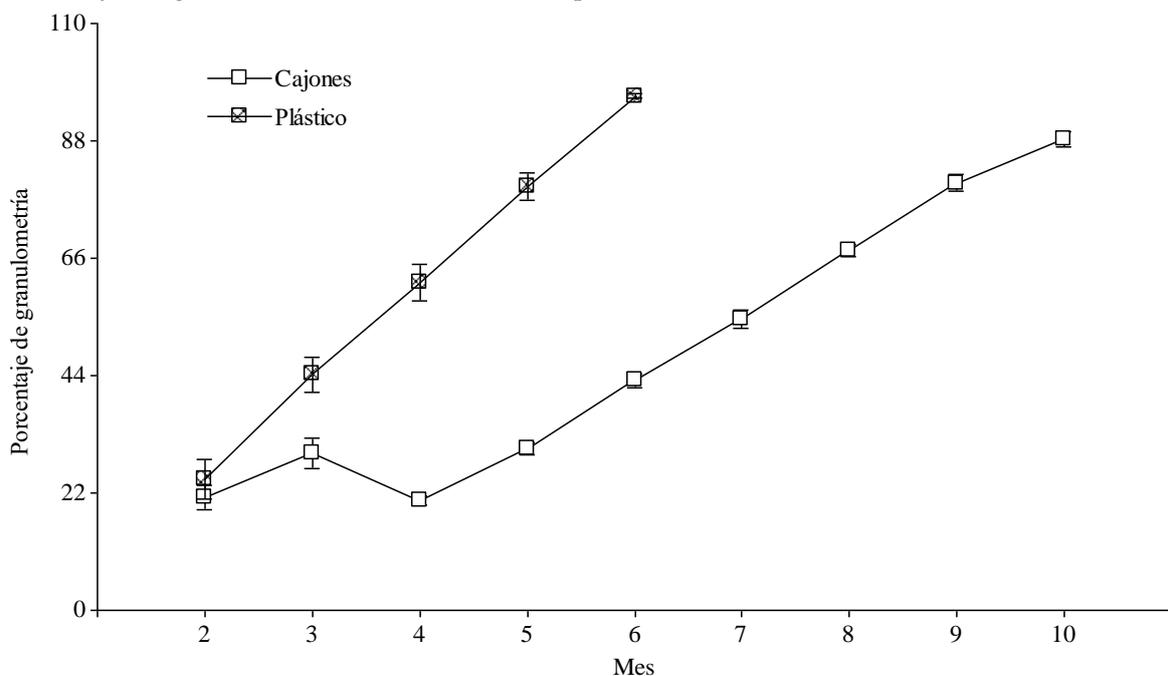
ADEVA del porcentaje de granulometría del humus producida por Eisenia foetida Sav.

Fuente de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error Exp.	Valor F	Valor P
Mes	4	58	84.27	<0.0001
Método	1	58	342.29	<0.0001
Alimento	2	58	1.03	0.3646
Mes: Método	4	58	31.89	<0.0001
Mes: Alimento	8	58	0.12	0.9984
Método: Alimento	2	58	0.22	0.8046
Mes: Método: Alimento	8	58	0.20	0.9899

En la Figura 31 se observa que, al alimentar a las lombrices con materia orgánica se incrementa la cantidad de granulometría, en el método 1 se obtuvo un total de 88.17% de materia orgánica descompuesta igual o menor a 2 mm de tamaño de partícula y en el método 2 a 96.38%.

Figura 31

Porcentaje de granulometría durante el ciclo productivo de humus.



En la actual investigación se obtienen datos en cuanto al método de crianza donde M2 (contenedores de plástico) llegó a 96.38% y M1 (cajones de madera) a 88.17%. Se menciona una similitud con el estudio realizado por Rodríguez (1996), quien analizó la producción de abono orgánico utilizando a *Eisenia foetida Sav.*, el cual realizó las camas del vermicompost directamente en el suelo y obtuvo los siguientes resultados: Pulpa: 96.75%, Vacaza: 96.67%, Cerdaza: 90.17%, Pseudotallo: 48.67%, Gallinaza: 13.83% y por último Hojarasca: 00.00%. Por otro lado, los 2 mm que se obtuvo en el actual experimento es un valor inferior que ayudaría al suelo y a las raíces manteniendo un mejor drenaje y aireación basándonos en el estudio de Arteaga et al. (2011). De esta manera se podría decir que, la mezcla de la alimentación también influye en la granulometría.

4.7 Presencia de insectos en la producción de humus

En la Tabla 22 se puede observar los diferentes órdenes de insectos se encontraron en la presente investigación.

Tabla 22
Clasificación insectos presentes en el vermicompost

Orden	Nº de Morfotipos	Fotografías	Función
Díptera	2		Son transformadoras de bacterias que contribuyen a la transformación de materia orgánica.
Coleópteros	6		Las larvas se alimentan de la materia orgánica en descomposición, los adultos se alimentan de otros seres vivos, contribuyendo a mantener equilibrada la población dentro del compost.

Ortópteros	1		Se alimentan de materia orgánica en descomposición y hongos.
Dermáptera	1		Alimentarse de restos vegetales.
Hemíptera	1		Ayudan acelerar la descomposición del material vegetal leñoso.
Trombidiformes (Ácaros)	1		Alimentarse de vegetales, cascaras de frutas, ayudando a la descomposición.
Scolopendromorpha	1		Controlar la densidad biótica del microambiente.

Según Cajas (2012) los órdenes de insectos inmersos en el vermicompost son *Coleóptera*, *Scolopendromorpha*, *Trombidiformes*, *Pulmonata*, *Scorpiones*, *Himenóptera*, *Lepidóptera* y *Díptera*, de ellos la mayoría son de beneficio para la producción. De igual manera en el proyecto actual se encuentran órdenes similares como: *Coleoptera*, *Trombidiformes*, *Scolopendromorpha*, *Dermáptera* y *Díptera* considerando que, la mayoría no tuvo influencia de manera drástica en la descomposición de la materia orgánica, ya que su presencia no era en grandes colonias como los *Trombidiformes* que si formaban colonias y a simple vista se observaba el amontonamiento.

De la misma manera, Pedrero et al., (2003) afirman que insectos como: *Himenóptera*, *Diptera* y *Coleoptera* son peligrosos para el proceso de vermicompost, ya que, impiden la fácil descomposición de la materia orgánica, matando a las lombrices y en algunos casos alimentándose de ella. Situación muy diferente a la observada en el actual experimento ya que los insectos de los órdenes se caracterizan por ayudar a la descomposición de desechos orgánicos y mas no de las lombrices.

4.8 Análisis de nutrientes y relación C/N

En los resultados del análisis de nutrientes (Tabla 23) se aprecia que el nitrógeno obtuvo resultados afines entre métodos obteniendo para los cajones de madera M1 LEC: 2.45% con una diferencia de 0.15% en el M2 LEC, LEV obtuvo una diferencia mínima de 0.03% entre métodos y en la alimentación LRC 2.25% en M1 y 2.11% en el M2.

De la misma manera, el fósforo obtuvo el valor más alto con la alimentación LEV tanto en el método 1 como en el método 2 con 1.20% y 1.22% respectivamente. Diferenciando con un 0.02% de un método a otro en las tres alimentaciones.

Con respecto, al potasio la alimentación con estiércol de cuy LEC del M1 obtuvo 2.31% considerándose el más alto. Como valor más bajo tenemos el LRC del M2 con 1.16%, recalcando que el M2 fueron los que obtuvieron valores menores.

Contrario con, el magnesio donde el M1 obtuvo los valores bajos siendo el inferior LEC: 0.82% y LEV del M2 el más alto con 1.19%. De la misma manera, el calcio LEC 2.92% es el menor del M1 y LEV del M2 el más alto con 3.95%, y los demás tratamientos del M2 tiene una diferencia de no más del 10%.

Tabla 23

Análisis físico químico del humus obtenido de los métodos: contenedores de madera y plástico

Variable	Madera			Plástico		
	LRC	LEC	LEV	LRC	LEC	LEV
Materia seca (%)	43.4	36.0	41.5	59.0	68.3	63.0
Humedad (%)	56.6	64.0	58.5	41.0	31.7	37.0
Densidad aparente (g/l)	339	320	328	363	413	384
pH	8.7	8.7	8.4	8.4	8.7	8.5
Conductividad eléctrica (ms/cm)	13.7	13.3	13.6	10.6	15.6	10.8
Materia orgánica (%)	48.9	47.7	49.0	48.3	45.8	47.8
Carbono (%)	28.9	27.7	28.5	28.1	26.6	27.8
Relación C/N (%)	13:01	11:01	12:01	13:01	12:01	11:01
Nitrógeno (%)	2.25	2.45	2.40	2.11	2.30	2.43
Fósforo (%)	1.16	1.14	1.20	1.18	1.12	1.22
Potasio (%)	2.09	2.31	1.63	1.16	1.76	1.67
Magnesio (%)	0.88	0.82	1.04	0.95	1.17	1.19
Calcio (%)	3.07	2.92	3.53	3.75	3.88	3.95
Sodio (%)	0.34	0.39	0.31	0.32	0.34	0.33

Loza et al. (2011) mencionan que, se realizó un experimento en donde se usó residuos de cocina como alimento para *Eisenia foetida Sav.*, se realizó un análisis químico del humus obteniendo resultados menores en comparación a la investigación actual N: 0.92% y 2.25%, P: 0.62% y 1.16%, K: 1.62% y 2.09%, CO: 13.88% y 28.9%, Ca: 0.99% y 3.07%, Mg: 0.39% y 0.88% y MO: 23.98% y 48.9% respectivamente.

Por otro lado, Chávez et al. (2017) realizaron una investigación donde evaluaron a *Eisenia foetida Sav.*, en cajones obteniendo los siguientes resultados N: 4.90%, P: 2.70%, K: 1.40%, CO: 14.35%, Ca: 6.00%, Mg: 1.1% y la relación C/N: 113.26 siendo estos similares para los de la presente investigación.

El análisis de nutrientes del humus la mayoría de variables estuvieron dentro del rango optimo mientras que la relación C/N (11:1 a 13:1) y el pH (8.4 a 8.7) siendo valores altos en comparación a los encontrados por Barbado en el 2004 donde menciona la relación carbono nitrógeno es de (10-11) y el pH (6.8 – 7.2) para el manejo de pH se puede aumentar el tiempo a 1 mes durante el pre compostado de los residuos animales ya que para el actual experimento se lo realizo durante 15 días, así como también incorporar poco o nada de alimentos que no favorecen al vermicompost como los cítricos, el ajo, los pimientos y el apio, puesto que estos no son apetecibles para la lombriz. Por otro lado, aunque la relación C/N es alta esta es menor a 20 por lo que hay un incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo como menciona INAP 2011. Para disminuir la C/N se debe balancear los componentes del vericompost ya que, al suministrar alimentos con alto contenido de lignina como los residuos vegetales, la relación carbono nitrógeno sube es por ello que se debe suministrar combinaciones de alimento donde la mayor porción sea el alimento de baja lignina como por ejemplo los estiércoles.

4.9 Costos de producción de humus

Los costos de producción reflejan que no hay una ganancia y recuperación de la inversión inmediata, esto se debe a que el proyecto no tuvo fines financieros sino más bien investigativos al evaluar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana y la calidad físico química del humus, por lo tanto, las lombrices siguieron su proceso de reproducción y a medida que pasó el tiempo se obtuvo una mayor cantidad de ellas.

Sin embargo, Ucañán (2015) menciona que el índice beneficio/costo (I B/C) compara directamente, como su nombre lo indica los beneficios y los costos de un proyecto para definir si es viable o no. Por lo tanto, si $B/C > 1$, esto indica que los beneficios son mayores a los costos, $B/C = 1$, significa que los beneficios igualan a los costos y no hay ganancias y si $B/C <$

1, muestra que los costos superan a los beneficios. Por lo tanto, se deduce que el I B/C del actual experimento es aceptable, puesto que los valores son positivos para los dos tratamientos.

4.9.1 Costos de producción de humus en contenedores plásticos

En la Tabla 24 se puede observar el costo de producción para los contenedores plásticos con un valor de 0.41 USD por kilogramo de humus, con un I B/C de 1.99 USD. Para la obtención de este valor se calcularon los costos directos donde se observa la mano de obra. Los insumos y la preparación del lecho (Anexo 1). Por otro lado, se analizó los costos indirectos donde se realizó la tabla de depreciación de equipos e insumos (Anexo 2).

Tabla 24.
Costos de producción de los contenedores plásticos

COSTO DE PRODUCCIÓN				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1 Preparación del lecho				
Lombrices y humus	Global	1	9.62	9.62
2. mano de obra				
Riego. volteo y limpieza	Hora/Hombre	39	1.87	72.93
			1.87	72.93
3. Insumos				
Estiércol de vaca	Kilogramos	135	0.05	6.80
Estiércol de cuy	Kilogramos	135	0.03	4.08
Residuos vegetales	Kilogramos	135	0.01	1.36
Agua potable	Metro cubico	153	0.02	3.13
			0.11	15.37
TOTAL COSTO DIRECTOS			11.60	97.92
B. COSTOS INDIRECTOS				
1. Depreciación de Insumos				
Depreciación equipos e insumos	Mes	6	2.92	17.52
TOTAL COSTO INDIRECTOS			2.92	17.52
C. TOTAL COSTOS A+B			14.52	115.44
Producción de humus	Kilogramos	284		
Costo de producción unitario				0.41
Índice B/C				2.46

En la Tabla 25 se puede observar el costo de producción para las cajas de madera con un valor de \$ 0.50 por kilogramo de humus, con un I B/C de 2.46 USD. Para la obtención de este valor se evaluaron los costos directos donde se observa la mano de obra en el Anexo 3. Por otro lado, se analizó los costos indirectos donde se realizó la tabla de depreciación de equipos e insumo, Anexo 4. En conclusión, el costo de producción de los contenedores plásticos es conveniente para pequeños productores.

Tabla 25.
Costos de producción de humus en cajas de madera.

COSTO DE PRODUCCIÓN				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
Lombrices y humus	Global	1	9.62	0.40
1. mano de obra				
Riego. volteo y limpieza	Hora/Hombre	78	1.87	145.86
			1.87	145.86
2. Insumos				
Estiércol de vaca	Kilogramos	405	0.02	6.80
Estiércol de cuy	Kilogramos	405	0.01	4.08
Residuos vegetales	Kilogramos	405	0.00	1.36
Agua potable	Litros	332	0.02	6.80
			0.05	19.04
TOTAL COSTO DIRECTOS			1.92	164.90
B. COSTOS INDIRECTOS				
1. Depreciación de Insumos				
Depreciación equipos e insumos	ciclo productivo	11	13.05	143.55
TOTAL COSTO INDIRECTOS			13.05	143.55
C. TOTAL COSTOS A+B			14.97	308.45
Producción de humus	Kilogramos	616		
Costo de producción unitario				0.50
Índice B/C				1.99

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El método contenedor de plástico pudo mantener por mayor tiempo la humedad y la temperatura dentro del rango óptimo para la crianza de la lombriz roja californiana siendo estos resultados mejores en comparación con el método de cajas de madera. Recalcando que el experimento se encontraba bajo cubierta, pero el contenedor plástico puede llegar a mantener condiciones altas a pesar de estar sin cubierta.
- En cuanto a los métodos los contenedores plásticos ayudan a la rápida descomposición y están dirigidos a ser usados en pequeña escala como por ejemplo en el uso de hogares incorporándolo así a las huertas urbanas, mientras que las cajas de madera por su amplia capacidad de volumen ayudan al fácil manejo y se puede usar mayor cantidad de materia a descomponer, estas podemos dirigir a huertas comunitarias.
- Al utilizar estiércol descompuesto previamente y añadir residuos de cocina o vegetales, el alimento se vuelve más fácil de digerir, facilitando la movilidad y la alimentación de las lombrices lo que lleva a mantener un incremento de la dinámica poblacional, ayudando a una muy buena distribución de las lombrices evitando los agrupamientos, que ocasiona la baja oxigenación, reducción en la reproducción.
- En cuanto al análisis físico químico la mayoría de los tratamientos en los métodos presentan buenos resultados los cuales están dentro del rango óptimo de un humus de calidad. Por otro lado, el pH (8.4 a 8.7) y el sodio (0.31–0.39) presentan niveles sobre el rango óptimo mientras que el fósforo (1.12-1.20) presenta niveles bajos y la relación C/N (11:01-13:01) presenta niveles altos para la mayoría de los tratamientos con excepción del método con cajones de madera y la lombri-compostera con estiércol de vaca y el método de contenedores plásticos y el lombri-compostera con estiércol de vaca.
- Al realizar los costos de producción se observa que, el valor por kilogramo en el método de madera tiene una utilidad de \$ 0.50 y para el método contenedor de plástico es \$ 0.59

siendo estos aceptables, así mismo, al aumentar alimento periódicamente a las lombrices estas incrementan su dinámica poblacional y por ende la producción de humus, ya que, al ser un proyecto a pequeña escala este se compensa con el tiempo reduciendo gastos e incrementando ganancias.

5.2 Recomendaciones

- Medir características específicas de las lombrices como: tamaño y peso promedio por lombriz. Además, se debe llevar a cabo un ensayo que considere la evaluación de diferentes tipos de alimento solos y en combinación para el análisis R/N.
- Realizar un análisis a los lixiviados de ácidos húmicos, para comprobar si estos pueden llegar a ser usados como quelatante natural.
- Evaluar porcentajes de las cantidades de materia de partida de las composteras y su combinación para establecer la influencia en la calidad del compostaje y la dinámica poblacional usando la lombriz roja californiana (*Eisenia foecida Sav.*).

BIBLIOGRAFÍA

- (INAMHI), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2015). *Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador: Dirección de Gestión Meteorológica.*
- (INEI), Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). *LA DINÁMICA POBLACIONAL.*
- Acevedo, José Luis Rojas. (2020). *Manejo de plaguicidas por agricultores de subsistencia en México: línea de base de un estudio piloto para diseñar un programa de intervención.* México: Editorial de Riego.
- Acosta, Carlos , y otros. (2013) *Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto.* Diciembre de AGROCALIDAD. (2009). *RESOLUCIÓN N° 108.*
- Alas , Roberto y Ana Alvarenga . (2002). *Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (Eisenia foetida).*
- Ales, Rocío Fernández. (2008). *Ecología para la Agricultura.*
- Álvarez, Dioselina , y otros. (2016). *Vermicompost como alternativa de manejo para jacinto de agua.*
- Alvarez, Oscar. (2016). *Ecología, dinámica de las poblaciones, e interacciones en el ecosistema.*
- Anita Maienza, Erland Bååth. (2014). «Dinámica microbiana después de agregar efluente de estiércol bovino junto con un inhibidor de nitrificación en un experimento de microcosmos.» *Biología y fertilidad de suelos: 37.*
- Arteaga , Andry , Renny Barrios y Carmen Mujica. (2009). *Influencia de la urea y de dos biofertilizantes sobre el compostaje de raquis de racimos de palma aceitera . 2011.*
- Avalos, Carson. «El polémico uso de agroquímicos.».
- Barbado, J. (2004). *El humus de lombriz.*
- Bencomo, Daniel, Margarita Sáenz y Martín González. (2017). *Obtención de Lixiviados de lombricomposta a partir de diferentes tipos de residuos orgánicos.*
- Blaxter, Mark. (2012). *El gusano en el mundo y el mundo en el gusano.* Reino Unido: BMC Biol.
- Bravo, Luis Antonio Barzallo. (2019). «Bio-digestión y postratamiento de efluentes por biofermentación, una oportunidad para usos energéticos y generación de fertilizantes

- orgánicos a partir de estiércol bovino.» *Revista Internacional de reciclaje de residuos orgánicos en la agricultura*: 431-432.
- Burroughs, Kate. (2012). «Algunas características agroecológicas y socioeconómicas de la agricultura orgánica.» *Revista Internacional de Sistemas de Producción Sostenibles*: 97.
- Cajas, María.(2012). *Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil.*
- Cajas, S. (2009). «Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol Bovino como sustrato de humbriz .» .
- Campoverde, Diana, Luis Velasco y David Martínez. (2020). «Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de alimento animal.» *Conciencia Digital*: 5.
- Cantero , José , y otros. (2015). *Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento.*
- Castro, Mayuri. (2020). *Ecuador: polémica tras fusión del Ministerio del Ambiente con Secretaria del Agua.* <[60](https://es.mongabay.com/2020/03/ecuador-fusion-ministerio-del-ambiente-senagua-polemica/#:~:text=El%204%20de%20marzo%20de,de%20esta%20cartera%20de%20Estado.&text=Foto%3A%20Ministerio%20del%20Ambiente%20Ecuador.>.</p>
<p>Cermak, P. (2016). «Balance de nutrientes y estado actual de los nutrientes disponibles en el suelo.» <i>Nutrición Vegetal</i>: 868.</p>
<p>Chaoui , Hala & Zibilske y Larry & Ohno Tsutomu. (2003). <i>Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability.</i></p>
<p>Chávez , Álvaro , Yessica Velásquez y Nicolás Casalla. (2017). <i>Características físico-químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales.</i></p>
<p>CIAO. (2020). <i>Informe de la comisión interamericana de agricultura orgánica.</i></p>
<p>Compagnoni, L. (2018). <i>Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus.</i> Irlanda: Vecchi, S.A.U.</p>
<p>Compostaje,. (2015). Red Española de. <i>Residuos Órgánicos y Agricultura Intensiva III.1.</i> Madrid: Mundi-Prensa.</p>
<p>Crespo, Raúl, Lidia Romero y Elena Gonzáles. (2012). «Producción de humus de lombriz en Cuba.».</p>
</div>
<div data-bbox=)

- De las Heras, Jorge. (2003). *Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas*. Toledo: Universidad de Castilla La Mancha.
- . (2003). *Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas*. Toledo: Universidad de Castilla La Mancha.
- Delgado, Manlio. (1997). *Humus de lombriz: caracterización y valor fertilizante*.
- Días, Dina. (2021). «Efecto de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia Foetida*) en el cultivo de saúco.» *Universidad Nacional de Cajamarca*: 109.
- Díaz, Doraida , y otros. (2008). *Agricultura Andina*.
- Díaz, Eduardo. (2002). *Guía de Lombricultura*.
- Domínguez, Jorge y María Gómez. (2010). *Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje*.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria*. Quito: Lexis.
- Eguillor, Pilar. (2016). *Agricultura orgánica: oportunidades y desafíos*.
- EOS. (2019). *La cantidad de desechos sólidos en el mundo*.
- Escobar, Alejandro. (2013). *Usos potenciales del humus (abono orgánico, lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz*.
- Estrada, Mónica. (2005). «Manejo y procesamiento de la gallinaza.» 43-48.
- FAO. (2003). *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza*.
- . (2009). *Cómo alimentar al mundo en 2050*.
- . (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Roma: OCDE.
- . (2015). *Propiedades Físicas del Suelo*.
- Ferruzi, Carlo. (1986). *Manual de Lombricultura* . Madrid, España : Ediciones Mundi-Prensa.
- FIDA. (2003). *La adopción de la agricultura orgánica por parte de los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe*.
- Fuentes, José. (1987). *La crianza de la lombriz roja*.
- Gallo , Nicole y Elizabeth Jiménez . (2019).
- García. (2017). *Estabilización de diferentes materias primas mediante vermicompostaje en un sistema de alimentación continua: cambios en parámetros químicos y biológicos*. Bogotá: Waste Manag.

- García, Yaneisy, Esmeralda Lon-Wo y A Ortiz. (2006). *Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Su aprovechamiento en la producción agrícola y animal.*
- Garrido, Rina. (2014). *Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida).*
- Getahun , T, y otros. (2012). «Municipal solid waste generation in growing urban areas in Africa: current practices and relation to socioeconomic factors in Jimma, Ethiopia.».
- Granada, Carlos y Yolvi Prada. (2015). *Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos.*
- Guanche, Arturo. (2015). *Las lombrices y la agricultura.*
- Hallaire, V. (2012). «Caracterización morfológica de lombriz roja meteorizadas mediante análisis de imágenes 2D.» *Suelos Biol Fertil*: 845-847.
- Heredia, Raúl, Fernández, Olga Fernández y María Mena. (2012). *Producción de humus de lombriz en Cuba. Aplicaciones y resultados.*
- INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.* <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf>.
- . (2016). *ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ECONÓMICA EN GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES 2016.*
- . (2019). *Proyección de la población Ecuatoriana, por alos calendario, segun cantones.*
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos -. (2016). *Tabulados de la Operación Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2016.*
- INIA. (2008). *Producción y uso del humus de lombriz.*
- Jaramillo, Judith y Maria Niveló. (2018). «Diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz californiana(Eisenia Foetida).» *Escuela Politécnica Superior de Chimborazo*: 67.
- Juárez , Aureliano , Ancelmo Mondragón y Luis Rojas . (2007). *Dinámica poblacional de la lombriz Eisenia foetida en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino.*
- Kiyasudeen, Katheem. (2018). «Perspectivas de la gestión de residuos orgánicos y la importancia de las lombrices de tierra.» Ibrahim, Mahamad Hakimi. *Ciencias e ingeniería ambientales aplicadas para un futuro sostenible.* Suiza: Inter-American Development. 362.

- Kizilkaya, Ridvan. (2010). «Interacciones de las lombrices de tierra con las enzimas del suelo.» *Biología de las lombrices de tierra*: 141.
- La alegría de la huerta. *Animales que podemos encontrar en la vermicompostera*. s.f.
- León, Adrián. (2013). *Manual de lombricultura*. Guadalajara: ARVOL, Arte y Cultura por la Evolución.
- Limachi, Edgar. (2018). *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica*. Agosto.
- Litterick, AM , y otros. (2004). *El papel de los materiales no compuestos, compost, estiércol y extractos de compost en la reducción de la incidencia y severidad de plagas y enfermedades en la producción agrícola sostenible y hortícola templada*.
- Liu, Dianfeng. (2018). «Un estudio comparativo de los perfiles de la microbiota intestinal de las lombrices de tierra alimentadas en tres sustratos diferentes.» *Simbiosis*: 74.
- López , Maria Alejandra, Maria Hernández y Pablo Elorza. (2003). *Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (Eisena andrei Savigni)*.
- Loza, Manuel, y otros. (2011). *Journal of the Selva Andina Research Society*.
- MAE y SENAGUA. (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales 1*.
- MAG. (2018). *Gobierno Nacional apoya desarrollo de producción orgánica*. <<https://www.agricultura.gob.ec/gobierno-nacional-apoya-desarrollo-de-produccion-organica/>>.
- Martinez, Claudia. (1996). *Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo*.
- Mejía, Amalia. (2017). «Evaluación del efecto de la incorporación de dos tipos de plástico biodegradable y convencional y la actividad de lombriz roja en suelos arenosos.» *Escuela Panamericana Agrícola Zamorano*: 46.
- Mejía, Pedro. (2011). *Introducción Manual de Lombricultura*.
- Mejía, Silvia, y otros. (2012). *Cultivo en maceta de Iris xiphium L. (Iris de Holanda) con diferentes concentraciones de humus de lombriz y sus lixiviados*.
- Merele , Diana. (2013). *Estudio económico de la producción del vermicompost en el centro experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- Mongil, Jorge. *Implantación de especies forestales*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A., 2019.
- Morgan, TH. (2002). «Estudios experimentales de los factores internos de regeneración en la lombriz.» *Archivo de Mecánica de Desarrollo de Organismos*: 562.

- Naplekova, NN. (2016). *Influencia de diferentes grupos ecológicos de lombrices de tierra en la intensidad de la fijación de nitrógeno*. Rusia: Boletín de biología de la Academia de Ciencias de Rusia.
- Navarro, José Manuel Salazar. (2016). *Aprovechamiento de recursos y manejo de suelo ecológico*.
- Panpatte, Deepak G. (2019). *Gestión de la fertilidad del suelo para el desarrollo sostenible*. Málaga: IC Editorial.
- Patwa, Aakash, y otros. (2020). *Solid waste characterization and treatment technologies in rural areas: An Indian and international review*. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186420313663>>.
- Pedrero, Hipólito , y otros. (2003). *Manual de lombricultura*.
- Peña, Alonso. (2014). *Compost de Lombrices*. Madrid: Agroguías.
- Pineda, José. (2006). *Lombricultura*.
- Preciado , Pablo, y otros. (2011). *Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero*.
- «Producción y calidad de abono orgánico por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su capacidad reproductiva.» 1996. 17.
- Ramírez, Ramiro , María Elena Guzmán y Edna Leiva. (2013). *Dinámica de las Poblaciones de Lombrices en un Andisol Sometido a Distintos Sistemas de Uso del Suelo*.
- Rodríguez, Ángel. (1996). *Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) y su capacidad reproductiva*.
- Romero , Carlos , y otros. (2018). *Revista Centro Agrícola*.
- Romero, Santamaría y Ferrera Cerrato. (2002). *Terra Latinoamericana*.
- SAG. (2013). *Agricultura orgánica nacional, base técnicas y situación actual*. 2013.
- Sales, Francisco. (1996). *Harina de lombriz, alternativa proteica en tropico y tipos de alimento*.
- Santos, Joel. (2021). «Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).» *Revista Colombiana de Zootecnia* (2021): 11.
- Sarker, Md. Mosharaf Hossain. (2020). «Las especies de lombrices y sus sustancias alimenticias tienen un papel importante en la cantidad y calidad del vermicompost producido.» *Agricultura Orgánica*: 187.
- Somarriba, Ricardo y Fidel Guzmán. *Guía de lombricultura*. 2004.

- Taiariol, Darío. *Lombricultura*. Bogotá: El Cid Editor, 2009.
- Tenecela, Xavier. (2013). «Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos.». 1-113.
- Uchoa, Pablo. (2018). *¿Puede un mundo 100% orgánico producir suficiente alimento para toda la población?*.
- Valenzuela, Juan. (2018). «Propuesta para el manejo de mortalidad mediante la implementación de compostaje y la consecuente producción de lombriz roja californiana en la granja las Flores del municipio de Quillacollo.»: 58.
- Vargas, R y S Rodríguez. (2008). *Manejo de plagas en paltos y cítricos*.
- Vásquez, Rodrigo. (2008). «Manual de Lombricultura.» Ballesteros, Hugo. *Crianza de la lombriz roja californiana*. Bogotá: Produmedios. 328.
- Vázquez, Ernestina, y otros. (2007). *Revista electrónica de Veterinaria*.
- .(2014). *Revista electrónica de Veterinaria*.
- Villegas, Víctor y José Laines. (2017). *Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos*.
- Wurff, ECI van der, y otros. (2016). «Theory for Bose-Einstein condensation of light in nanofabricated semiconductor microcavities.» *Physical Review A*: 013615.
- Xianchun, Liu. (2010). «La lombriz californiana como potencial recurso proteínico.» *Ecología de la Alimentación y la Nutrición Volúmen 36*: 221.
- Zanor, Ana, Felipe Ramírez y Elena López. (2018). *Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor Physical and chemical properties improvement of an agricultural soil mixed with vermicompost from two biodigestor effluent*.
- Zapata, Isabel , y otros. (2017). *Efecto de ka lombriz roja californiana (Eisenia foetida), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia*.
- Zoosanitario, Agencia de Regulación y Control Fito y. (2017). *Instructivo de la Normativa General para promover y regular la producción Orgánica-Ecológica-Biológica en el Ecuador*. Quito: Kirugraphics.

ANEXOS

Anexo 1 Costo de implementación del método contenedores de plástico

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN MÉTODO DE PLÁSTICO				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1 Preparación del lecho				
Lombrices	Unidad	450	\$0.02	\$9.00
Análisis de humus	Unidad	1	\$83.21	\$83.21
Humus	Kilogramos	16.5	\$0.24	\$4.00
			\$83.47	\$96.21
2. mano de obra				
Riego. volteo y limpieza	Hora/Hombre	39	\$1.87	\$72.93
			\$1.87	\$72.93
3. Insumos				
Estiércol de vaca	Kilogramos	135	\$0.05	\$6.80
Estiércol de cuy	Kilogramos	135	\$0.03	\$4.08
Residuos vegetales	Kilogramos	135	\$0.01	\$1.36
Agua potable	Metro cubico	153.00	\$0.02	\$3.13
			\$0.11	\$15.37
TOTAL COSTO DIRECTOS			\$85.45	\$184.51
B. COSTOS INDIRECTOS				
1. Depreciación de Insumos				
Depreciación equipos e insumos	Ciclo productivo	6	\$2.92	\$17.52
TOTAL COSTO INDIRECTOS			\$2.92	\$17.52
C. TOTAL COSTOS A+B			\$85.45	\$202.03

Anexo 2 Depreciación de herramientas y equipos para el método contenedores de plástico

DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPOS DEL MÉTODO PLÁSTICO										
INSTRUMENTO	VALOR DEL BIEN	CANTIDAD	VALOR TOTAL	VALOR POR MÉTODO	AÑO DE VIDA ÚTIL	DEPRECIACIÓN MENSUAL	DEPRECIACIÓN SEMESTRAL	DEPRECIACIÓN ANUAL	DEPRECIACIÓN POR MÉTODO	DEPRECIACIÓN POR KG
Termómetro	\$18.00	1	\$18.00	\$9.00	2	\$0.38	\$2.25	\$4.50	\$2.25	\$0.01
Higrómetro	\$23.50	1	\$23.50	\$11.75	2	\$0.49	\$2.94	\$5.88	\$2.94	\$0.01
Palas	\$8.50	1	\$8.50	\$4.25	4	\$0.09	\$0.53	\$1.06	\$0.53	\$0.00
Tanque de Agua	\$150.00	1	\$150.00	\$75.00	10	\$0.63	\$3.75	\$7.50	\$3.75	\$0.01
Tarros Plásticos	\$0.70	1	\$0.70	\$0.35	3	\$0.01	\$0.06	\$0.12	\$0.06	\$0.00
Botellones de agua	\$0.25	1	\$0.25	\$0.13	2	\$0.01	\$0.03	\$0.06	\$0.03	\$0.00
Embudo	\$3.00	1	\$3.00	\$1.50	5	\$0.03	\$0.15	\$0.30	\$0.15	\$0.00
Machete	\$4.50	1	\$4.50	\$2.25	4	\$0.05	\$0.28	\$0.56	\$0.28	\$0.00
Malla verde	\$1.00	1	\$1.00	\$0.50	2	\$0.02	\$0.13	\$0.25	\$0.13	\$0.00
Azadones	\$10.80	1	\$10.80	\$5.40	4	\$0.11	\$0.68	\$1.35	\$0.68	\$0.00
Contenedores plásticos	\$15.00	9	\$135.00	\$135.00	10	\$1.13	\$6.75	\$13.50	\$6.75	\$0.02
TOTAL	\$235.25					\$2.92	\$17.54	\$35.08	\$17.54	\$0.06

Anexo 3 Costos de implementación para el método cajas de madera

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN CAJAS DE MADERA				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1 Preparación del lecho				
Lombrices	Unidad	450	\$0.02	\$9.00
Análisis de humus	Unidad	1	\$83.21	\$83.21
Humus	Kilogramos	16.5	\$0.24	\$4.00
			\$83.47	\$96.21
2. mano de obra				
Riego. volteo y limpieza	Hora/Hombre	78	\$1.87	\$145.86
			\$1.87	\$145.86
3. Insumos				
Estiércol de vaca	Kilogramos	405	\$0.02	\$6.80
Estiércol de cuy	Kilogramos	405	\$0.01	\$4.08
Residuos vegetales	Kilogramos	405	\$0.00	\$1.36
agua potable	Litros	332.00	\$0.02	\$6.80
			\$0.05	\$19.04
TOTAL COSTO DIRECTOS			\$85.39	\$261.11
B. COSTOS INDIRECTOS				
1. Depreciación de Insumos				
Depreciación equipos e insumos	Ciclo productivo	11	\$13.05	\$143.55
TOTAL COSTO INDIRECTOS			\$13.05	\$143.55
C. TOTAL COSTOS A+B			\$98.44	\$404.66

Anexo 4 Depreciación de herramientas y equipos para el método cajas de madera

DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPOS EN CAJAS DE MADERA										
INSTRUMENTO	VALOR DEL BIEN	CANTIDAD	VALOR TOTAL	VALOR POR MÉTODO	AÑO DE VIDA ÚTIL	DEPRECIACIÓN MENSUAL	DEPRECIACIÓN SEMESTRAL	DEPRECIACIÓN ANUAL	DEPRECIACIÓN POR METODO	DEPRECIACIÓN POR KG
Termómetro	\$18.00	1	18.00	\$9.00	2	\$0.38	\$2.25	\$4.50	\$4.13	\$0.01
Higrómetro	\$23.50	1	23.50	\$11.75	2	\$0.49	\$2.94	\$5.88	\$5.39	\$0.01
Palas	\$8.50	1	8.50	\$4.25	4	\$0.09	\$0.53	\$1.06	\$0.97	\$0.00
Tanque de agua	\$150.00	1	150.00	\$75.00	10	\$0.63	\$3.75	\$7.50	\$6.88	\$0.01
Tarros plásticos	\$0.70	1	0.70	\$0.35	3	\$0.01	\$0.06	\$0.12	\$0.11	\$0.00
Botellones de agua	\$0.25	1	0.25	\$0.13	2	\$0.01	\$0.03	\$0.06	\$0.06	\$0.00
Embudo	\$3.00	1	3.00	\$1.50	5	\$0.03	\$0.15	\$0.30	\$0.28	\$0.00
Machete	\$4.50	1	4.50	\$2.25	4	\$0.05	\$0.28	\$0.56	\$0.52	\$0.00
Malla verde	\$1.00	1	1.00	\$0.50	2	\$0.02	\$0.13	\$0.25	\$0.23	\$0.00
Azadones	\$10.80	1	10.80	\$5.40	4	\$0.11	\$0.68	\$1.35	\$1.24	\$0.00
Contenedores de madera	\$45.00	9	405.00	\$405.00	3	\$11.25	\$67.50	\$135.00	\$123.75	\$0.20
TOTAL	\$265.25			\$515.13		\$13.05	\$78.29	\$156.58	\$143.53	\$0.23