



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA ZOOTECNIA**

**Unidad de Integración Curricular  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera Zootecnista.**

**Título de la Unidad de Integración Curricular:**

**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y  
MORFOMETRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN  
SISTEMAS DE VERMICOMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS,  
PATRICIA PILAR 2021”**

**Autor:**

**Cedeño Saltos Karla Andreina**

**Tutor de la Unidad de Integración Curricular**

**Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez**

**Quevedo-Los Ríos-Ecuador.**

**2021**

## **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, **Cedeño Saltos Karla Andreina**, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo; puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**Cedeño Saltos Karla Andreina**

**Autor**

## **Certificación de culminación de la unidad de integración curricular**

La suscrita, Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Cedeño Saltos Karla Andreina realizó la Unidad de Integración Curricular **“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y MORFOMETRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN SISTEMAS DE VERMICOMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, PATRICIA PILAR 2021”**, Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez  
Director de la Unidad de Integración Curricular

# Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico



La suscrita, Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, Docente de la Unidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Cedeño Satos Karla Andreina realizo la Unidad de integración curricular, “**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y MORFOMETRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN SISTEMAS DE VERMICOMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, PATRICIA PILAR 2021**” . Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



## Document Information

Analyzed document	PROY CEDEÑO SALTOS KARLA URKUND.docx (D116019376)
Submitted	2021-10-22 09:26:00
Submitted by	Alexandra Barrera
Submitter email	abarrera@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	abarrera.uteq@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>artículo lombriz.agosto.2019.docx</b> Document articulo lombriz.agosto.2019.docx (D58461983)	 3
<b>SA</b>	<b>'EFICIENCIA DE TRES DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS, PAR A LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA APROVECHABLE DEL MERCADO COMITÉ DEL PU EBLO.pdf</b> Document 'EFICIENCIA DE TRES DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS, PAR A LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA APROVECHABLE DEL MERCADO COMITÉ DEL PU EBLO.pdf (D110203650)	 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA ZOOTECNIA**

**UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Título**

**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y  
MORFOMETRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN  
SISTEMAS DE VERMICOMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS,  
PATRICIA PILAR 2021”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniera Zootécnista

Aprobado por:

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Dr. Ítalo Espinoza Guerra

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Germán Jácome López

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Emma Torres Navarrete

Quevedo -Los Ríos-Ecuador

2021

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por permitirme vivir la magnífica experiencia de estos cinco años de estudios, puesto que su gracia infinita ha permitido que logre realizar cada uno de mis objetivos propuestos cuando ingrese a estudiar, a mis padres Angela y Raúl por ser la base fundamental de todos mis proyectos, a mis hermanos Luis , Sofía y Nataly por guiarme en diversos aspectos de mi vida, a William que me apoya constantemente en mis proyectos profesionales y personales, a los pocos amigos que me brindaron su amistad sincera y espero en el transcurso de los años conservar. Finalmente, a la Ing. Alexandra Barrera por ser pieza clave en la realización de esta investigación ya que sin sus consejos, guía y apoyo conjunto a mi amada familia no se hubiera ejecutado. A todo este grupo maravilloso de personas con todo mi cariño y afecto les doy las gracias.

## **Dedicatoria**

A mis padres Raúl Cedeño y Angela Saltos, por siempre darme el ejemplo de terminar lo que se inicia, enseñarme que la responsabilidad va más allá de cumplir con lo que se nos pide, que la devoción a lo que hacemos y la pasión por lo que nos gusta quizás no siempre es bien recibida por personas que no lo entienden, que a pesar de las dificultades, problemas y circunstancias siempre existe una razón para seguir luchando por nuestras metas, que es más importante hacer lo que es correcto a lo que los demás hacen, por todo eso y mucho más esta tesis se las dedico a ustedes.

*Atte: Karla Andreina Cedeño Saltos*

## Resumen ejecutivo

El vermicompostaje es una actividad zootécnica que empleando lombrices domesticadas logra transformar los residuos sólidos orgánicos en abonos orgánicos, humus, carne y harina de lombriz. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. Esta investigación se realizó en el recinto Los Ángeles, de Patricia Pilar, km 52 de la vía Quevedo-Santo Domingo de los Tsáchilas. Los tratamientos fueron: T1: 90% de tierra agrícola (hojarasca de cacao) +10% de cartón de cubetas de huevos. T2: 80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola +10% de cartón. T3: 80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón, y T4: 80% residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola +10% de cartón, con cuatro repeticiones por tratamiento. La alimentación basada en 80% de residuos de frutas y verduras +10% hojarasca+10% de cartón, aumentó la biomasa en las lombrices. La degradación del sustrato producido (%) por las lombrices tuvo 39,99% de humus. La valoración en las lombrices californianas: sub adultas, juveniles y producción total de lombriz tuvo incrementos equivalentes en los T1 y T2. La madurez sexual de las lombrices sub adultas alcanzo a los 21 días con su clitelo desarrollado, sin diferencias. En la producción de cocones, los tratamientos T1 Y T2 depositaron mayor cantidad de cocones a los 45 y 60 días (190; 80) y (133) respectivamente. El mayor porcentaje de fertilidad fue para el T2 (92%) y superó con 4 lombrices por cocón. El uso de sustratos beneficia la producción de cocones y nuevos individuos. El uso de estiércol de bovino precompostado es una opción aceptable. La multiplicación y reproducción de las lombrices permite producir a niveles de “equilibrio” en función a la degradación y conservación de la especie. Las repuestas reproductivas y la morfometría se encuentran estrechamente relacionadas, las lombrices podrán destinar cierta proporción de lo consumido y asimilado a la parte reproductiva como comportamiento propiamente biológico de conservación de su especie.

**Palabras clave:** Vegetales, degradación, humus, cocones, parámetros físico-químicos.

## Abstract

Vermicomposting is a zootechnical activity that uses domesticated worms to transform organic solid waste into organic fertilizers, humus, meat and worm flour. The objective of the study was to evaluate the productive, reproductive and morphometry behavior of the Californian red worm in vermicomposting systems of organic waste. This research was carried out in the Los Angeles enclosure, of Patricia Pilar, km 52 of the Quevedo-Santo Domingo de los Tsáchilas road. The treatments were: T1: 90% of agricultural land (cocoa leaf litter) +10% of carton of egg buckets. T2: 80% bovine manure + 10% agricultural land + 10% cardboard. T3: 80% household waste (fruits and vegetables) + 10% agricultural land (leaf litter) +10% cardboard, and T4: 80% agricultural waste (passion fruit and banana peel) + 10% agricultural land +10% cardboard, with four repetitions per treatment. The diet based on 80% fruit and vegetable residues + 10% leaf litter + 10% cardboard, increased the biomass in the worms. The degradation of the substrate produced (%) by the worms had 39.99% humus. The assessment in Californian worms: sub-adult, juvenile and total worm production had equivalent increases in T1 and T2. The sexual maturity of sub-adult worms reached 21 days with their cell developed, without differences. In the production of cocones, the T1 and T2 treatments deposited more cocones at 45 and 60 days (190; 80) and (133 respectively. The highest percentage of fertility was for T2 (92%) and exceeded with 4 worms per cook. The use of substrates benefits the production of cocones and new individuals. The use of pre-compacted bovine manure is an acceptable option. The multiplication and reproduction of earthworms allows to produce at levels of "equilibrium" depending on the degradation and conservation of the species. Reproductive responses and morphometry are closely related, earthworms may allocate a certain proportion of what is consumed and assimilated to the reproductive part as a properly biological behavior of conservation of their species.

**Keyword:** Vegetables, degradation, humus, cooking, physico-chemical parameters.

## Tabla de contenido

Contenido	Pág.
Declaración de autoría y cesión de derechos .....	ii
Certificación de culminación de la unidad de integración curricular .....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico .....	iv
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen ejecutivo.....	viii
Abstract.....	ix
Tabla de contenido.....	x
Contenido de Tablas .....	xiii
Código Dublin .....	xiv
Introducción.....	15
<b>CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Problema de la investigación.....	17
1.1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.1.2. Formulación del problema. ....	18
1.1.3. Sistematización del problema. ....	18
1.2. Objetivos. ....	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos. ....	19
1.3. Justificación.....	20
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
2.1. Marco conceptual. ....	22
2.2. Marco referencial.....	23
2.2.1. Alimentación.....	25
2.2.2. Caracterización de vermicompost, compost y precompost.....	26
2.2.3. Comportamiento productivo de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. ....	27
2.2.4. Comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. ....	28

2.2.5. Morfometría de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos.....	30
--	----

### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.....	32
3.1.1. Condiciones meteorológicas.....	32
3.2. Tipo de investigación.....	32
3.3. Métodos de investigación.....	33
3.3.1. Método deductivo.....	33
3.3.2. Método exploratorio.....	33
3.3.3. Método de campo.....	33
3.4. Fuentes de recopilación de investigación.....	33
3.4.1. Fuentes primarias.....	33
3.4.2. Fuentes secundarias.....	34
3.5. Diseño de la investigación.....	34
3.6. Instrumentos de investigación.....	35
3.6.1. Procedimiento experimental.....	35
3.6.1.1. Preparación de tratamientos.....	35
3.6.1.2. Selección de lombrices.....	36
3.6.1.3. Siembra de las lombrices.....	36
3.6.2. Variables a evaluar.....	36
3.6.2.1. Parámetros productivos.....	36
3.6.2.2. Parámetros reproductivos.....	37
3.6.2.3. Morfometría.....	38
3.7. Tratamientos de los datos.....	38
3.8. Recursos humanos y materiales.....	39
3.8.3. Equipos.....	40

### CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.....	42
4.1.1. Parámetros físico-químicos de los sustratos vermicompostados.....	42
4.1.2. Parámetros productivos de la lombriz roja alimentado con vermicompost.....	43
4.1.3. Parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana alimentada con residuos orgánicos pre-compostados.....	47

4.1.2. Parámetros morfométricos de la lombriz roja alimentada en sistemas pre-compostados de residuos orgánicos. ....	49
---	----

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones. ....	54

## CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....	56
------------------------	----

## CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. Anexos.....	65
------------------	----

## Contenido de Tablas

Contenido	Pág.
Tabla 1. Clasificación zoológica .....	24
Tabla 2. Composición de diferentes tipos de estiércol vacuno.....	26
Tabla 3. Caracterización de residuos orgánicos (vegetales y frutales).....	26
Tabla 4. Condiciones meteorológicas.....	32
Tabla 5. Descripción y distribución de los tratamientos .....	34
Tabla 6. Análisis de varianza (ADEVA) del diseño experimental DCA. ....	35
Tabla 7. Parámetros físico-químicos en el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana alimentadas con vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar 2021.....	42
Tabla 8. Parámetros productivos de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021.....	44
Tabla 9. Parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021.....	48
Tabla 10. Morfología de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021. ....	50

## Código Dublin

<b>Título:</b>	Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar 2021.				
<b>Autor:</b>	Cedeño Saltos Karla Andreina				
<b>Palabras clave:</b>	Vegetales,	Degradación	Humus	Cocones	Parámetros físico-químicos.
<b>Fecha de publicación</b>	2021				
<b>Editorial:</b>	Universidad Técnica Estatal de Quevedo				
<b>Resumen:</b>	<p><b>Resumen.</b> - El vermicompostaje es una actividad zootécnica que empleando lombrices domesticadas logra transformar los residuos sólidos orgánicos en abonos orgánicos, humus, carne y harina de lombriz. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. Esta investigación se realizó en el recinto Los Ángeles, de Patricia Pilar, km 52 de la vía Quevedo-Santo Domingo de los Tsáchilas. Los tratamientos fueron: T1: 90% de tierra agrícola (hojarasca de cacao) +10% de cartón de cubetas de huevos. T2: 80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola +10% de cartón. T3: 80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón, y T4: 80% residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola +10% de cartón, con cuatro repeticiones por tratamiento. La alimentación basada en 80% de residuos de frutas y verduras +10% hojarasca+10% de cartón, aumentó la biomasa en las lombrices. La degradación del sustrato producido (%) por las lombrices tuvo 39,99% de humus. La valoración en las lombrices californianas: sub adultas, juveniles y producción total de lombriz tuvo incrementos equivalentes en los T1 y T2. La madurez sexual de las lombrices sub adultas alcanzo a los 21 días con su clitelo desarrollado, sin diferencias. En la producción de cocones, los tratamientos T1 Y T2 depositaron mayor cantidad de cocones a los 45 y 60 días (190; 80) y (133) respectivamente. El mayor porcentaje de fertilidad fue para el T2 (92%) y superó con 4 lombrices por cocón. El uso de sustratos beneficia la producción de cocones y nuevos individuos. El uso de estiércol de bovino precompostado es una opción aceptable. La multiplicación y reproducción de las lombrices permite producir a niveles de "equilibrio" en función a la degradación y conservación de la especie. Las repuestas reproductivas y la morfometría se encuentran estrechamente relacionadas, las lombrices podrán destinar cierta proporción de lo consumido y asimilado a la parte reproductiva como comportamiento propiamente biológico de conservación de su especie.</p> <p><b>Abstract.</b> - Vermicomposting is a zootechnical activity that uses domesticated worms to transform organic solid waste into organic fertilizers, humus, meat and worm flour. The objective of the study was to evaluate the productive, reproductive and morphometry behavior of the Californian red worm in vermicomposting systems of organic waste. This research was carried out in the Los Angeles enclosure, of Patricia Pilar, km 52 of the Quevedo-Santo Domingo de los Tsáchilas road. The treatments were: T1: 90% of agricultural land (cocoa leaf litter) +10% of carton of egg buckets. T2: 80% bovine manure + 10% agricultural land + 10% cardboard. T3: 80% household waste (fruits and vegetables) + 10% agricultural land (leaf litter) +10% cardboard, and T4: 80% agricultural waste (passion fruit and banana peel) + 10% agricultural land +10% cardboard, with four repetitions per treatment. The diet based on 80% fruit and vegetable residues + 10% leaf litter + 10% cardboard, increased the biomass in the worms. The degradation of the substrate produced (%) by the worms had 39.99% humus. The assessment in Californian worms: sub-adult, juvenile and total worm production had equivalent increases in T1 and T2. The sexual maturity of sub-adult worms reached 21 days with their cell developed, without differences. In the production of cocones, the T1 and T2 treatments deposited more cocones at 45 and 60 days (190; 80) and (133) respectively. The highest percentage of fertility was for T2 (92%) and exceeded with 4 worms per cook. The use of substrates benefits the production of cocones and new individuals. The use of pre-compacted bovine manure is an acceptable option. The multiplication and reproduction of earthworms allows to produce at levels of "equilibrium" depending on the degradation and conservation of the species. Reproductive responses and morphometry are closely related, earthworms may allocate a certain proportion of what is consumed and assimilated to the reproductive part as a properly biological behavior of conservation of their species.</p>				
<b>Descripción</b>	72 hojas: dimensiones 21x29,7 cm +CD-ROM				
<b>URI:</b>					

## **Introducción.**

Las lombrices de tierra se encuentran entre los animales del suelo más conocidos, son animales excavadores, siendo ingenieros de ecosistemas (1,2) que activamente contribuyen a muchos servicios ecosistémicos, incluido el secuestro de carbono, e intercambios gaseosos, producción vegetal y control de la erosión, así como descomposición y ciclo de nutrientes del suelo (3), son uno de los grupos de macroinvertebrados más importantes en el suelo, destacándose por los significativos efectos sobre el medio edáfico a partir de su acción excavadora y porque mezcla restos vegetales con el material inorgánico del suelo, estimulando la población microbial (4,5,6), especialmente, de hongos mediante la deposición de moco de su tracto digestivo .

El vermicompostaje es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediado por la acción combinada de lombrices y microorganismos en condiciones aeróbicas y mesófilas, con lo que se obtiene un producto final estabilizado, pues, como objetivo convertir los residuos orgánicos en vermicompost (7,8), un producto orgánico que se caracteriza por su alto valor agrícola

Sin embargo, las lombrices de tierra se pueden recolectar en el suelo o se pueden obtener del cultivo de lombrices de tierra. Después de la cosecha, las lombrices de tierra se secan y muelen, luego se agregan a omnívoros como dieta de los animales (9). Pues, se puede incorporar hasta un 25% en la alimentación de aves de corral para sustituir la harina de pescado, sin efectos adversos sobre el crecimiento (10). También son conocidos como buenas fuentes de proteína, cuyo valor biológico es similar al perfil del pescado (11,9). Por sus interesantes propiedades nutricionales (12) el uso de lombrices de tierra en la alimentación animal es una de las vías de búsqueda de fuentes alternativas de proteína (13) para la alimentación animal de cría.

En este sentido, el presente proyecto investigativo pretende reproducir a la lombriz californiana como fuente de proteína de futuras dietas empeladas en la alimentación de animales domésticos conociendo como responde a diversos tipos de alimentación, por lo tanto, el objetivo es evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

Históricamente la alimentación de los animales se ha basado en materias primas que también son empleadas en la alimentación del hombre, como el sorgo, maíz, la soya entre otros. Al constituirse en la base de alimentos concentrados se genera la rivalidad entre los dos consumidores (14). En esta competencia aparecen otras opciones como el empleo de lombrices que gracias a su alta tasa reproductiva proveen carne de alto valor proteico que se puede transformar en harina (15) Es por esta característica que se considera como un recurso biotecnológico de elevado interés nutricional y ecológico (15,16).

#### **Diagnóstico.**

Las lombrices rojas californianas son anélidos domesticados de fácil manejo gracias a su capacidad de descomponer material orgánico y transformarlos en productos que pueden ser empleados en la agricultura (humus y lixiviados). En Patricia Pilar (parroquia rural del Cantón Buena Fe de la Provincia de Los Ríos) diversos son los residuos orgánicos que pueden ser empleados en vermicompostaje para alimentar las lombrices. Este procedimiento permite que se cicle la materia orgánica, los residuos sean aprovechables como fuente de alimento y se obtengan productos que se empleen en otras actividades agrícolas para regenerar los suelos y mejorar la productividad de los cultivos.

No obstante, lombrices de tierra también forman parte de la alimentación del ganado (13) y se pueden utilizar frescos o molidos como fuente aditiva de nutrientes (17,18,12,9). Debido a su valor nutricional (9), se han utilizado como alimentación aditiva, para aves de corral en Vietnam (18), para pescado en Malasia (10), en Nigeria (12), en los Estados Unidos Kingdom y para cerdos en Brasil (19).

#### **Pronóstico.**

El desarrollo, la productividad y reproducción de las lombrices se encuentra relacionada directamente al tipo de compostaje que se emplee para su alimentación al igual que la época del año (20). Estandarizar los parámetros productivos, reproductivos y la morfometría de la

lombriz en función a una determinada dieta alimenticia de diversas fuentes de residuos orgánicos nos permitirá decidir cuál de ellos es el más apropiado para obtener resultados esperados en cuanto a la producción de carne (kg), longitud (cm) y peso (g), número de lombrices por cocón, permitiendo la duplicación de la población inicial en menor tiempo estimado (considerando su ciclo biológico).

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál de los sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos logrará el mejor comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

¿De qué manera el contenido de los residuos orgánicos ha afectado los parámetros productivos de la lombriz roja californiana?

¿De qué manera el contenido de los residuos orgánicos ha afectado los parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana?

¿Cuál es la relación entre los residuos orgánicos y la morfometría de la lombriz californiana?.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Determinar el efecto que tienen los tratamientos vermicompostados de residuos orgánicos en los parámetros productivos de la lombriz roja californiana.
  
- ✓ Determinar el efecto que tienen los tratamientos vermicompostados de residuos orgánicos en los parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana.
  
- ✓ Caracterizar morfométricamente a la lombriz roja californiana en función a los a cuatro tratamientos vermicompostados de residuos orgánicos.

### **1.3. Justificación.**

La cría de lombrices de tierra, también nombrada como vermicultura o lombricultura es una actividad zootécnica y biotecnológica que consiste en la cría en cautiverio de manera extensa de estos animales (21), gracias a su alta tasa reproductiva, velocidad de crecimiento permite producir toneladas de carne por hectárea a un bajo costo como ninguna otra explotación pecuaria logra (22).

Es necesario plantear alternativas en el campo de alimentación animal que se basen en fuentes que no compitan con el ser humano (14), es por ello por lo que las lombrices de tierra también son empleadas en la alimentación del ganado (13).

Gracias a sus características nutricionales se emplea harina de lombriz en la alimentación de aves de corral (10) para alimentar cerdos en Brasil (19).

El empleo de residuos orgánicos habituales de la zona para la alimentación de lombrices rojas californianas permite evaluar su comportamiento productivo y reproductivo en función del tipo de alimentación para el máximo aprovechamiento de su rendimiento, al ser capaz de descomponer materia orgánica su explotación es necesaria para obtener carne como una materia prima animal de calidad y su amplia gama de productos (humus y lixiviados) empleados en la agricultura, por ello los resultados obtenidos en esta investigación servirán de línea base para los productores el sector pecuario, estudiantes e investigadores que buscan alternativas durante el desarrollo de actividades de lombricultura cuyos objetivos son obtener abonos orgánicos, carne y harina de lombriz para la alimentación de otros animales.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco conceptual.

**Lombriz.** - Anélido hermafrodita de desarrollo directo, presentan segmentaciones bien marcadas y homónomas. La mayor parte de las especies son terrestres o dulceacuícolas (23).

**Lombriz roja californiana.** – Gusano de procedencia terrestre de color rojo oscuro o rojizo pardo, (24). Gracias a su capacidad de descomponer materia orgánica y producir productos tales como el humus son empleadas frecuentemente en el proceso de vermicompostaje de residuos orgánicos sólidos (25).

**Comportamiento productivo.** -Reacciones congénitas que se presentan de manera constante características de cada especie que tienen significancia en lo que puede llegar a ser capaz de producir (26).

**Comportamiento reproductivo.** – Formación y desarrollo de la conducta sexual de la hembra y el macho y su desarrollo bajo el control en diferentes sistemas de cría (27).

**Morfometría.** – Es el conjunto de valores característicos de un individuo para caracteres determinados con medidas de rendimientos fundadas en valores fenotípicos propios de su especie (28).

**Vermicompostaje.** - Es un método ecológico que permite la bio-oxidación, estabilización y degradación de los residuos orgánicos con el empleo de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene el denominado vermicompost, un producto final homogéneo, de granulometría fina y estabilizado (29).

**Vermicultura.**- Nombrada también como lombricultura, es una actividad pecuaria dedicada a la crianza tecnificada de lombrices en cautiverio con el objetivo de producir humus mediante el compostaje de residuos orgánicos (19).

**Compostaje.** – Se denomina compostaje al proceso por el cual los residuos orgánicos de índole biodegradables se desnaturalizan por medio de reacciones físicas y químicas como la oxidación bioquímica, todo ello bajo condiciones controladas obteniendo como resultado el compost (30).

**Compost.** - También conocido con el término composta, es el producto que se obtiene como resultado del proceso de disgregación biológica de desechos orgánicos (31).

**Residuos.** – es todo aquel objeto de origen orgánico o inorgánico obtenido durante la etapa de finalización de un proceso, estos pueden ser aprovechables o no (32).

**Residuo sólido.** - Se denominan residuos sólidos al conjunto de materias solidificadas de origen inorgánico u orgánico (putrescible) que ya no participa en la actividad que lo produce (31).

**Residuos orgánicos.** –Son la porción que queda después de cumplir sus funciones fisiológicas o denominado ciclo vital de los seres vivos, como vegetales y animales (33).

**Residuos caseros.** – Son los residuos obtenidos por la actividad realizada por el hombre durante el proceso de alimentación dentro de su hogar, tales como desperdicios de frutas y vegetales (34).

**Descomposición biológica.** - Constituye al proceso natural por el cual la materia orgánica mediante una serie de fases de desintegración (fragmentación del tamaño de las partículas y la respectiva estructuración celular) (35).

**Putrescible.** - Término empleado para distinguir a los residuos que poseen la particularidad de descomponerse y/o degradarse por medio de reacciones químicas, como sucede en los productos orgánicos (34).

## **2.2. Marco referencial.**

El uso pecuario de las lombrices de tierra, para la transformación de residuos orgánicos en un producto final denominado genéricamente como vermicompost o lombricomposta, es una técnica de varias décadas atrás, para su posterior utilización en la agricultura (36). La especie más utilizada y conocida es la “lombriz roja” (Tabla 1) o también nombrada "californiana" *Eisenia foetida* (37). Las características de su naturaleza gentil, como el fácil manejo, domesticación evitando escapar del confinamiento y apetito voraz en el consumo de residuos

orgánicos la hacen objeto de estudio durante el vermicompostaje, genéticos y ecotoxicológicos (38,25).

**Tabla 1. Clasificación zoológica**

<b>Lombriz roja californiana</b>	
<b>Reino</b>	Animal
<b>Tipo</b>	Anélido
<b>Clase</b>	Oligoqueto
<b>Orden</b>	Opisthoro
<b>Familia</b>	Lombricidae
<b>Genero</b>	<i>Eisenia</i>
<b>Especie</b>	<i>E.foetida</i>

**Fuente:** (39)

Las lombrices son hermafroditas incompletas, poseen dos sexos completos y a partir del tercer mes de vida comienzan con su vida reproductiva haciéndolo durante toda su vida. La reproducción de las lombrices presenta cierta variedad debido a que se encuentra ligada directamente al tipo de compostaje que se emplee para su alimentación al igual que la época del año (40). La cópula se realiza durante las últimas horas del día sobre la superficie del suelo, tiende a durar entre un rango de 30 minutos y extenderse hasta 4 horas dando como resultado una cápsula cada 7 o 10 días, finalmente, después de 14 o 21 días de incubación se efectúa la eclosión de la cápsula de las cuales pueden nacer de 4 a 20 lombrices (41). En muchas especies de lombrices de tierra la identificación taxonómica basada en caracteres morfológicos es difícil debido a la ausencia de caracteres diagnósticos estables y fáciles de manejar (25).

Gracias a su capacidad sensitiva para evaluar la ecotoxicología, riesgos toxicológicos de los xenobióticos encontrados en los ecosistemas terrestres, en un estudio realizado con lombrices californianas donde se empleó metamifidos a dosis de 1/10, 1/6, 1/3 y 2/3 y su respectivo grupo de control, los resultados mostraron un baja significativa en el peso de todos los tratamientos donde se empleó metamifidos el cual también altera el comportamiento general de las lombrices y los parámetros productivos de los machos, demostrando que sus capacidades productivas y reproductivas están influenciadas directamente con su entorno (42).

### 2.2.1. Alimentación.

Las lombrices se alimentan de cualquier sustancia orgánica putrefacta en especial los que aporten azúcares, por ello el consumo de residuos orgánicos caseros y de mercado poseen un alto contenido de sacarosa, celulosa y sales minerales, cuando más reducido sea el tamaño de la comida suministrada menor dificultad tendrán al ingerirla (43,44). La *E. foetida* tiene un apetito voraz fácilmente pueden digerir la celulosa, por ello aceptan como parte de su dieta el papel y el cartón, siempre y cuando estos se encuentren bien humedecidos, por otra parte, el estiércol de bovino puede ser usado en la alimentación sin necesidad de ser mezclado con otro material (44).

La lombriz roja (*Eisenia spp.*) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos (45). En una hectárea de suelo vivo se puede encontrar 1011 kg de lombrices, 1090 kg de hongos, 682 kg de bacterias, 60,5 kg de protozoos, 404,5 kg de artrópodos y pequeños mamíferos (46,47). Los saprófagos duros utilizan sustancias orgánicas duras tales como madera muerta, esposar y hojarasca foliar, mientras que los débiles emplean los contenidos líquidos y semilíquidos de los vegetales en descomposición (47). Las especies epigeas como la *E. foetida* viven sobre el suelo y se alimentan de las partes en descomposición de vegetales y animales (48). Estas lombrices construyen túneles permanentes y refieren la capa superficial del suelo rico en materia orgánica, específicamente la capa de hojarasca (47).

El estiércol procedente de bovinos es utilizable como sustrato para alimentar a las lombrices durante el lapso de producción, aunque el periodo mínimo que se suele establecer de maduración y envejecimiento son de 6 a 7 meses (20). Aunque la mayor preocupación al momento de aplicarlo no es el tiempo que tenga, sino el pH y temperatura que suele ser muy alta durante las primeras semanas y suele ser mortal para las lombrices (49). La composición del estiércol va a variar dependiendo del tipo de ganado que provenga (Tabla 2), es decir dependerá de la dieta a la que estén sometidos por sus exigencias genéticas (ganado de carne o leche), las condiciones ambientales de donde proceda y las pérdidas gaseosas (50). Se puede determinar el aporte de nutrientes clasificando el tipo de consistencia del estiércol. Los residuos orgánicos provenientes de mercados y casas son sustancialmente compuestos por restos de frutas y verduras (Tabla 3) en especial por las partes de estos que no se consumen como cáscaras, base de la raíz, corazón entre otros (51).

Tabla 2. Composición de diferentes tipos de estiércol vacuno.

Tipo de estiércol	Materia seca	Materia orgánica	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Purín de ganado vacuno	95,00	68,00	4,40	0,90	4,20
Purín de terneros	20,00	15,00	3,00	0,60	2,00

Fuente: (50).

El papel y el cartón procedentes de la fibra de celulosa de madera son aptos para la alimentación de las lombrices, pues ellas pueden aceptar los materiales orgánicos ricos en celulosa hasta un 20% del volumen (20) y el resultado final es un sustrato estable, homogéneo, con un excelente aspecto físico, porosidad, aireación, drenaje, contenido nutricional y capacidad de retención de humedad (52).

Tabla 3. Caracterización de residuos orgánicos (vegetales y frutales).

Componente o propiedad	*Promedio aritmético
Humedad	81%
Almidón	10,32 g/100 g de residuos
Azúcares reductores	1,24 g/100 mL
Celulosa	3,16 g/100 gramos de residuos
pH	4,30
Densidad	1,22 g/MI

\*Porcentaje en base seca

Fuente: (51)

### 2.2.2. Caracterización de vermicompost, compost y precompost.

El compostaje y el vermicompostaje son técnicas de degradación de materia orgánica que se utilizan para convertir residuos orgánicos sólidos en compost (compost y vermicompost, respectivamente), teniendo como suelo físico, químico y biológico. Afecta directamente a la regeneración y crecimiento de las plantas. Sin embargo, en este proceso se eliminan desechos nocivos para el medio ambiente. El sustrato utilizado para alimentar gusanos debe someterse a un período de incubación previo conocido como pre-compost (53,54).

El Vermicompost produce ingredientes, la mayoría de los cuales son fácilmente accesibles para fábricas sobre ingredientes de compost tradicionales. El pre-compostaje implica más

tiempo y costos de insumos, lo que puede incrementar el costo del vermicompost. Por lo tanto, es necesario establecer el tiempo necesario para el pre-compostaje del para recolectar los residuos orgánicos utilizados como sustrato para la producción de lombrices (54).

Los residuos orgánicos que son pre-composteados podrían ser más aceptables y causar menos mortalidad a las lombrices (estas suelen ser afectadas por el pH y temperatura alta), debido a que pueden contener menos componentes potencialmente tóxicos tales como amonio o sales en los estiércoles animales, o taninos y ácidos en desechos verdes (53).

### **2.2.3. Comportamiento productivo de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos.**

La lombriz roja o californiana por su gran naturaleza de consumo voraz es una gran descomponedora de residuos orgánicos y posterior a ello transformarlos en productos de alto valor nutricional para el suelo y los cultivos (38). En la evaluación de parámetros productivos de lombrices rojas californianas durante 120 días de alimentación con diferentes tipos de sustratos se obtuvieron los siguientes resultados; para el T1 (80% estiércol vacuno y 20% estiércol ovino) 2,22 kg de peso de producción de carne, para el T3 (80% de estiércol y 20% de residuos de mercado) se obtuvo 2,78 kg y en el T4 (70% estiércol vacuno, 20% estiércol ovino y 10% residuos orgánicos de mercado de fruta) cuanto se obtuvo (44).

Cuando las lombrices rojas californianas fueron sometidas a sistemas de vermicompostaje con dos tipos de alimentación; Residuos Caseros (RC) y Estiércol Bovino (EV); usando Carpa solar y Ambiente Natural, para la variable biomasa total de lombrices cliteladas obtuvieron 7,98 g utilizando RC y 6,93 g con Carpa Solar. El grado de fitotoxicidad del vermicompost obtenido de EV en los dos ambientes fue bajo, presentando 66,6% de germinación, ya el producto obtenido de RC presentó mayor fitotoxicidad en ambos ambientes. La mayor tasa de crecimiento de lombrices inmaduras (no cliteladas) se presentó en el ambiente Carpa Solar resultando para EV de 123 individuos y RC de 16 lombrices (53).

Por lo tanto, la menor tasa de mortalidad entre ambientes se produce en ambiente Carpa Solar con 3,90% de mortalidad para EV y RC con 88,64%. Por otro lado, el mayor número de lombrices cliteladas se encuentra en Ambiente Natural siendo en EV de 15 individuos y RC con 21 lombrices cliteladas. En cuanto a la biomasa de lombrices no cliteladas, el mejor

resultado se registró en ambiente Carpa Solar obteniéndose para EV 1,41 g y para RC 0,185 g (55).

Además, en la evaluación de parámetros productivos con la aplicación de residuos orgánicos más el aserrín para determinar su influencia dentro del comportamiento productivo se reporta los siguientes resultados: para el T1 (75% Estiércol bovino + 25% de aserrín + 100 lombrices) obtuvo 127 lombrices adultas y 635 de lombrices juveniles y 55,31 g/cm de biomasa de lombriz, el T2 (50% Estiércol bovino + 50% de aserrín + 100 lombrices ) alcanzó 137 lombrices adultas, 1400 individuos de lombrices juveniles y 77,51 g/cm de biomasa de lombriz y finalmente el T3 (25% Estiércol bovino + 75% de aserrín + 100 lombrices) obtuvo un promedio de 210 lombrices adultas, 654 individuos de lombrices juveniles y 63,64 g/cm de biomasa de lombriz (56).

Para la variable biomasa (g) se evaluaron durante 36 días a las lombrices con los componentes expuestos en cuatro tratamientos: T0 (100% Tierra agrícola); T1 (40% estiércol de vaca + 30% estiércol de oveja + 30% estiércol de caballo + 2 kg de tierra agrícola), T2 (40% cáscara de sandía + 30% de cáscara de plátano + 30% de 2 kg de tierra agrícola) y T3 (50% T1 + 50% T2 + 2 kg de tierra agrícola), obteniendo 0,60 g de biomasa de las lombrices en el T3; seguido de 0,57 g en el T0 y 0,58 g en el T2 (49).

#### **2.2.4. Comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos.**

El comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana está relacionado con el tipo de alimentación que reciba, por ello en la evaluación de capacidad reproductiva de los cocones o cápsulas se encontró que para el T1 (80% Estiércol vacuno y 20% estiércol ovino) nacieron 7,40 lombricillas/ huevo, en el T2 (60% Estiércol ovino y 40% residuos orgánicos de mercado de fruta) nacieron 5,90 lombricillas/ huevo, en el T3 (80% Estiércol vacuno y 20% residuos orgánicos de mercado de fruta) naciendo 9,40 lombricillas/ huevo, y posteriormente en el T4 (70% Estiércol vacuno, 20% estiércol ovino y 10% residuos orgánicos de mercado de fruta) nacieron 6,3 lombricillas/ huevo (44).

Así mismo en los parámetros evaluados con dos tipos de residuos orgánicos como el Estiércol vacuno y Residuos Caseros se obtuvo como resultado que el número de cápsulas

(cocones) se obtuvo en el ambiente Carpa Solar siendo para EV de 64 y RC de 41 cápsulas. En el porcentaje de eclosión, en el ambiente Carpa Solar se registró 100% de eclosión en EV y 96% en RC. Por lo tanto, el mayor número de lombrices nacidas ocurrió en el ambiente Carpa Solar, siendo 3,5 lombrices por cápsula para RC y 2 lombrices por cápsula para EV (55).

La reproducción de las lombrices en lechos tratados con compostaje proveniente de estiércol bovino produjo los valores más altos de crías (expresados en número de crías a los 14 y 21 días de incubación y por el total de crías por ooteca). El estiércol bovino fue el más eficiente en todas las épocas del año, generando mayor número de crías por ooteca. Los tratamientos empleados fueron residuos de algodón, residuos domiciliarios obtenidos de restaurantes y estiércol de animales domésticos, una vez realizado el proceso de compostaje, durante el periodo productivo se realizó en la toma de datos reproductivos tales como la incubación (días), eclosión y número de lombrices por cocón, la respectiva lectura se realizó a los 14 y 21 días, los resultados para la época de otoño de cada tratamiento fueron para el T1 (Algodón), el promedio de crías en la incubación a los 14 días fue de 1,44, a los 21 días fue de 2,33 y la incubación total dio como resultado 3,77. El T2 (Estiércol), el promedio de crías para los 14 días fue de 0,88, para los 21 días 3,55 y la incubación total fue de 4,43 y finalmente los T3 (Residuos Domiciliarios) obtuvieron para los 14 días 1,66 de promedio de crías, a los 21 días 1,77 y la incubación total fue de 3,43 (41).

En un estudio donde se realizó el empleo de residuos orgánicos conjunto el empleo de aserrín publicó los siguientes resultados: el T1 (75% Estiércol bovino + 25% de aserrín + 100 lombrices) presentó la mayor reproducción con 1775,75 cocones, el T2 (50% Estiércol bovino + 50% de aserrín + 100 lombrices) obtuvo 932 cocones seguido del T3 (25% Estiércol bovino + 75% de aserrín + 100 lombrices) con 908,50 cocones (56).

En la variable número de cocones (huevos de las lombrices) fue valorada en cuatro tratamientos, cuyos componentes fueron para el T0 (100% Tierra agrícola); T1 (40% estiércol de vaca + 30% estiércol de oveja + 30% estiércol de caballo + 2 kg de tierra agrícola), T2 (40% cáscara de sandía + 30% de cáscara de plátano + 30% de 2 kg de tierra agrícola) y por último el T3 (50% T1 + 50% T2 + 2 kg de tierra agrícola), obteniendo los registros más bajos en el T0, por último el T1 presentó un incremento de 2,67 huevos en 36 días (49).

### **2.2.5. Morfometría de la lombriz roja californiana bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos.**

La morfometría de la lombriz roja californiana está dada por las proporciones medibles en su cuerpo, estas también suelen verse influenciadas por el tipo de alimentación que reciba lo cual se evidenció en el empleo de cuatro tipos de sustratos tales como el T1 (80% estiércol vacuno y 20% estiércol ovino) que resultó con lombrices de 0,49 g de peso y 4,90 cm de longitud, para el T2 (60% estiércol ovino y 40% residuos orgánicos de mercado de fruta) fue de 3,96 cm de largo y 0,494 g de peso, el T3 (80% estiércol vacuno y 20% residuos orgánicos de mercado de fruta) obtuvo 5,94 cm y 0,694 g de peso y, finalmente el T4 (70% estiércol vacuno, 20% estiércol ovino y 10% residuos orgánicos de mercado de fruta) obtuvo 3,96 cm de longitud y 0,495 g de peso (44).

En la variable de medición de la longitud (largo corporal) evaluada después de someter a las lombrices a los tratamientos T0 (100% Tierra agrícola); T1 (40% estiércol de vaca + 30% estiércol de oveja + 30% estiércol de caballo + 2 kg de tierra agrícola), T2 (40% cáscara de sandía + 30% de cáscara de plátano + 30% de 2 kg de tierra agrícola) y T3 (50% T1 + 50% T2 + 2 kg de tierra agrícola), los T0, T1 y T2 obtuvieron 5,05 cm; 7,37 cm y 7,39 cm respectivamente (49).

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

La investigación se realizó en el recinto Los Ángeles, perteneciente a la parroquia rural Patricia Pilar, ubicado en el km 52 de la vía Quevedo - Santo Domingo, provincia de Los Ríos, cuyas coordenadas son Latitud -0,56822 y Longitud 79° 27' 53" Oeste.

#### 3.1.1. Condiciones meteorológicas.

Las condiciones meteorológicas del lugar donde se llevó a cabo el desarrollo de la presente investigación (parroquia rural Patricia Pilar, recinto Los Angeles ), se encuentra detallada en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones meteorológicas.

<b>Detalle</b>	<b>Parámetro</b>
Altitud	100 msnm
Precipitación promedio	1,00 y 1,500 mm
Temperatura media anual	24 °C
Longitud occidental	79° 27' 53"
Latitud sur	0° 57' 24"
Humedad relativa	97%

**Fuente:** (57)

### 3.2. Tipo de investigación.

El presente estudio se encuentra fundamentado bajo la línea de investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) descrito en el inciso a) Agricultura, silvicultura y producción animal, sublínea N° 2 Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral ecuatoriano.

La presente investigación es de carácter experimental y de campo; por ello bajo la antes mencionada línea de investigación, se pretende evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y la morfometría de la lombriz roja californiana bajo el efecto de los residuos orgánicos precompostados en sistemas de vermicompostaje .

### **3.3. Métodos de investigación.**

Para el desarrollo del proyecto investigativo se utilizaron los siguientes métodos de investigación:

#### **3.3.1. Método deductivo.**

Se emplea el método deductivo para realizar las medidas necesarias para evaluar el comportamiento en modo de respuesta de la lombriz roja californiana en relación al tipo de residuo orgánico empleado para el vermicompostaje, para luego de obtener los resultados esperados llegar a conclusiones acertadas.

#### **3.3.2. Método exploratorio.**

En el desarrollo de la investigación es necesario aplicar el método exploratorio para poder recabar información sobre el comportamiento reproductivo y la morfometría de la lombriz roja californiana durante toda la etapa experimental.

#### **3.3.3. Método de campo.**

La investigación se desarrolló en el recinto Los Ángeles perteneciente a la parroquia rural Patricia Pilar. Se recopilaban datos en el campo experimental para determinar la relación causas - efectos en el comportamiento productivo, reproductivo y la morfometría de la lombriz roja californiana. alimentados con cuatro tipos o fuentes de vermicompost de residuos orgánicos.

### **3.4. Fuentes de recopilación de investigación.**

#### **3.4.1. Fuentes primarias.**

Estas fuentes se consiguieron por medio de la técnica de observación directa sobre las variables de estudio propuestas más adelante en la metodología , las cuales se evalúan a partir del uso de residuos orgánicos pre-compostadas como fuente de alimentación de lombrices rojas californianas.

### 3.4.2. Fuentes secundarias.

La necesaria información se presenta en el marco conceptual y referencial recopiladas de diversas fuentes tales como:

- ✓ Libros
- ✓ Revistas científicas
- ✓ Artículos científicos
- ✓ Tesis de pre y post grado
- ✓ Informes de instituciones de investigación científica y gubernamentales.

### 3.5. Diseño de la investigación.

#### 3.5.1. Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos establecidos (Tabla 5) son descritos de la siguiente manera, la tierra agrícola (hojarasca de cacao), el cartón proveniente de cubetas de huevos no contiene estructuras de polietileno u otro compuesto que comprometa la integridad de las lombrices.

Tabla 5. Descripción y distribución de los tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>UE</b>	<b>Total Lombrices</b>
T1	90 % de tierra agrícola (hojarasca) + 10% de cartón.	4	20	80
T2	80 % estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón.	4	20	80
T3	80 % residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón.	4	20	80
T4	80 % residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón	4	20	80
<b>Total</b>				<b>320</b>

El diseño que se utilizó para llevar a cabo la investigación fue un DCA (Diseño Completamente al Azar) y se constituyó de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Tabla 6. Análisis de varianza (ADEVA) del diseño experimental DCA.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Formula</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	$t-1$	3
Error experimental	$t(r-1)$	12
Total	$t.1-1 (4x4-1)$	15

### **3.5.2. Modelo matemático.**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la observación de la  $j$ -ésima unidad de estudio del  $i$ -ésimo tratamiento

$\mu$  = es la media del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = es el error experimental de la unidad  $ij$  (58).

## **3.6. Instrumentos de investigación.**

### **3.6.1. Procedimiento experimental.**

#### **3.6.1.1. Preparación de tratamientos.**

Se emplearon cuatro tratamientos, para ello se recolectó de las ganaderías más cercanas estiércol bovino de 2 – 7 días de ser excretado por el animal y posterior a ello se dio el respectivo descanso de 2 a 3 semanas (precompostaje) al igual que los residuos orgánicos y agrícolas (37).

Este proceso es necesario para que el pH logre la neutralidad de 7 y mantener la temperatura estable de 20 °C – 25 °C, y así evitar la muerte de las lombrices por altas temperaturas y estrés por la acidez de los sustratos (44). En lo que respecta a los residuos caseros y agrícolas se realizó cortes de partícula 5 a 10 cm para facilitar la ingesta de este por las lombrices (44).

Se emplearon para el almacenamiento cuatro recipientes de material plástico de 200 cc con un pequeño agujero que les permita tener la capacidad de drenar líquidos y se dio la respectiva fermentación de los residuos.

El plan de alimentación se distribuyó en lechos con los sustratos respectivos de cada tratamiento colocando 2 kilogramos de sustrato al inicio (56) y luego de treinta días 1,5 kg por lo que resta de la investigación (41). Se realizó riego para cada tratamiento cada 3 días, con 500 ml de agua potable (49).

### **3.6.1.2. Selección de lombrices.**

Para llevar a cabo la fase experimental se emplearon 20 lombrices *Eisenia foetida* en etapa de sub-adulta (320 en total), la manera más práctica de reconocerla es que no presentan clitelio, cabe recalcar, fue necesario someterlas desde temprana edad a los tratamientos para evitar bifurcaciones en la evolución de parámetros reproductivos en cuanto a la producción de cocones.

### **3.6.1.3. Siembra de las lombrices.**

Antes de colocar las lombrices en contacto directo con el alimento (material orgánico) cuando se evalúan experiencias en bandejas (son pruebas con un número determinado de lombrices : P5L, P10L, P50L, etc.) (59), consisten en colocar el alimento precompostado en un recipiente (30 cm x 30 cm x 15 cm) más el número de lombrices seleccionadas para evaluar que la fermentación del material ha finalizado y pasadas las 24 horas se verificó que se encuentran todas las lombrices sembradas al inicio, caso contrario, es un indicador directo que un factor proveniente del alimento debe ser controlado (pH, humedad o temperaturas) (20).

## **3.6.2. Variables a evaluar.**

### **3.6.2.1. Parámetros productivos.**

**Biomasa final de lombrices.** – considerando el número de lombrices sembradas inicialmente (20 lombrices sub adultas sin clitelio) las cuales se les registro el peso promedio

del grupo de lombrices sembradas por cada unidad experimental y se tomó el peso en gramos totales de cada recipiente al finalizar el experimento (60,61).

$$\text{Biomasa final de lombrices} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial})$$

**Porcentaje de degradación del sustrato.** - Se pesó en una balanza digital el humus obtenido al zarandear cada unidad experimental al finalizar la investigación (56). Se colocó 2 kg de sustrato al inicio de la investigación durante los primeros treinta días y 1,5 kg por los 30 días restantes a la investigación:

$$\text{degradación de sustrato (\%)} = \left( \frac{\text{kg Humus}}{\text{kg de sustrato inicial}} \right) * 100$$

**Producción de lombriz (densidad).** - Al inicio y finalizando el experimento 60 días, se realizó un conteo de todos los individuos presentes en las unidades experimentales para determinar la distribución poblacional total (62).

**Tasa de crecimiento.** - se midió la tasa de crecimiento diario considerando el peso tomado individual registrado a los (0, 45 y 65 días) expresada en porcentaje calculado mediante la siguiente fórmula (63):

$$\text{Tasa crecimiento (\%)} = \left( \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso final} * N^{\circ} \text{ individuos}} \right) * 100$$

### 3.6.2.2. Parámetros reproductivos.

El ciclo de vida de la lombriz roja californiana se establece por cuatro edades ecológicas, y son: cocones (1), juveniles (2), subadultos (3) y adultos (4). Las tres primeras corresponden a las edades prereproductivas (56). Las clases juveniles alcanzan la madurez sexual en un rango de 21 – 30 días (64). Aunque se menciona que para los anélidos oliquetos (gusanos segmentados) la aparición del clitelo determina efectivamente su madurez, en la lombriz roja californiana aparece alrededor de los 0,25 gramos de peso y 2,5 a 3 cm de longitud (59).

**Producción de cocones.** - Se determinó el número de huevos (cocón) realizando dos conteos, uno a los 45 días (considerando los 21-30 días de madurez) de haberse establecido

el experimento y el último a los 60 días que culminó la investigación. Se contó los cocones nuevos, los maduros y las que ya habían eclosionado para determinar el número exacto de cocones producidos (37).

**Fertilidad (%).** - para determinar la fertilidad, fue necesario, recolectar cápsulas y sepáralas por color, consistencia y tamaño (41). De acuerdo a ello se colocó una en un vaso plástico con la misma mezcla del sustrato de la repetición para que se dé la incubación, la revisión se realizó a los 14 y 21 días (41). Esta variable fue medida considerando la eclosión total de los cocones evaluados.

**N° de lombriz/cápsula.** – Se eligieron 3 cocones encontrados en cada repetición, colocaron en vasos plásticos (5 g de sustrato para evitar fugas de los recién nacidos) entre dos capas de papel filtro previamente humedecido y se procedió a incubar en la oscuridad, luego de su nacimiento fueron contados (55).

### **3.6.2.3. Morfometría.**

**Peso.** - El peso de los individuos fue tomado al inicio, a los 45 y 60 días que se culminó el experimento (37). Para ello fue necesario realizar la separación manual de las lombrices, lavarlas rápidamente con agua potable e introducirlas en un recipiente húmedo, finalmente momentos antes de tomar el peso cada lombriz fue colocada en papel filtro para que este absorbiera rápidamente el agua (55).

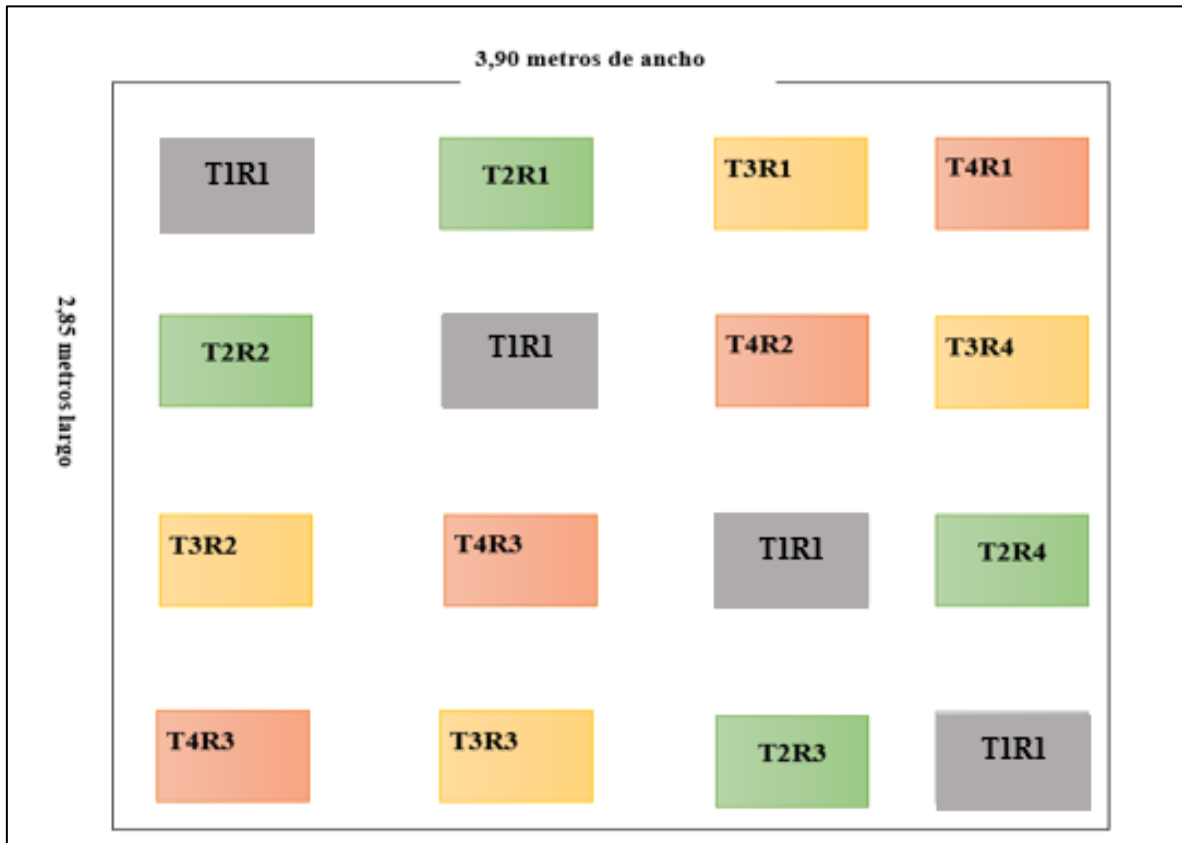
**Longitud de la lombriz.** – Para tomar la medida de longitud del cuerpo de la lombriz se llevó a cabo una vez realizada la toma de datos de peso al inicio, 45 y 60 días (clasificando según su edad o clase), con una regla plástica.

**Longitud del cocón.** - Para la toma de longitud del cocón se llevó a cabo la medición empelando un pie de rey.

## **3.7. Tratamientos de los datos.**

Se realizó un análisis estadístico ADEVA mediante el uso de hojas de Excel para registrar y tabular los datos y el programa estadístico libre InfoStat (65) y para determinar la diferencia

entre las medias, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). En la Tabla 6 se describe los tratamientos a utilizados en la investigación. Los tratamientos estuvieron distribuidos en 11,11 metros cuadrados, las repeticiones se encontraban separadas entre ellas por 45 cm y quedaron distribuidas de la siguiente forma:



### 3.8. Recursos humanos y materiales.

#### 3.8.1. Recursos humanos.

Director del proyecto de investigación curricular Ingeniera Alexandra Barrera Álvarez

Estudiante y autora del proyecto de investigación: Karla Andreina Cedeño Saltos.

#### 3.8.2. Materiales.

- ✓ 16 recipientes plásticos (canecas de 20 litros) dimensiones: 38 cm x 24cm x 24cm.
- ✓ 320 lombrices rojas californianas en etapa subadulta (sin clitelo).

- ✓ Residuos orgánicos: heces bovinas, desperdicios vegetales y/o frutales de la cocina y cáscaras de maracuyá y banano.
- ✓ Tierra agrícola (hojarasca de cultivo de cacao).
- ✓ Botellas plásticas de 5 litros.
- ✓ Malla plástica.
- ✓ Manguera delgada.
- ✓ Jarra de un litro.
- ✓ Papel filtro.
- ✓ Papel toalla absorbente.
- ✓ Lupa.
- ✓ Vasos plásticos.
- ✓ Papel absorbente

### **3.8.3. Equipos.**

- ✓ Balanza Balanza Gramera Digital Camry 5 Kg / 1 Gr X 11 Lb / 0,05 Oz.
- ✓ Balanza Gramera Digital Alta Precisión 500g-0,01g.
- ✓ pH-metro digital (electronic 4-in -1 soil meter).
- ✓ Reglas plásticas de 30 cm.
- ✓ El calibre o pie de Rey plástico.
- ✓ Computador.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados.

### 4.1.1. Parámetros físico-químicos de los sustratos vermicompostados.

Los tratamientos evaluados T1 (90 % de tierra agrícola (hojarasca) + 10% de cartón); T2 (80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón); T3 (80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) y T4 (80 % residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) muestran sus valoraciones de pH, Temperatura y Humedad en la Tabla 7.

El promedio total del pH de los cuatro tratamientos fue significativo ( $p < 0,05$ ), el T1, T2 y T3 mostraron un pH normal para la cría y bienestar de las lombrices en un rango de neutro, pero difiere significativamente del T4 (6,91). En la variable Temperatura, todos los tratamientos presentaron similar condición ( $p > 0,05$ ), mientras, la Humedad se mantiene de manera significativa en rangos porcentuales para el T2, T3 y T4; el T1 por su parte presenta una humedad relativamente baja (65%) en comparación a los tratamientos antes mencionados.

Tabla 7. Parámetros físico-químicos en el comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana alimentadas con vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar 2021.

Parámetros climáticos	Tratamientos				p-valor	CV	EE
	T1 90% de hojarasca + 10% de cartón	T2 80% estiércol bovino+ 10% hojarasca +10% de cartón	T3 80% residuos frutas y verduras + 10% de hojarasca +10% de cartón	T4 80% residuos cáscara de maracuyá y plátano + 10% de hojarasca +10% de cartón			
pH	7,24 a	7,21 a	7,01 ab	6,91 b	0,0159	1,94	0,07
Temperatura °C	22,95 a	22,88 a	23,00 a	23,07 a	0,6576	0,91	0,10
Humedad	65,00 b	70,55 a	71,64 a	73,21 a	<0,0001	1,96	0,69

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Los valores de pH obtenidos en los T1, T2 y T3 que contienen hojarasca, cartón y residuos de frutas y verduras se encuentran en el rango neutro-alkalino, debido posiblemente a la

presencia de elementos alcalinizantes de los residuos domésticos, como sales y amonio liberado durante la fermentación de residuos ricos en nitrógeno (55), además, de acuerdo a la experiencia de varios autores, el pH está dentro de los valores calificados (66,67,68). Otros resultados muestran valores de pH similar a este experimento, quienes utilizaron estiércol bovino durante ocho semanas de experimento y reportaron un promedio de 7,20 (45). Otros estudios, muestran equivalente neutro en vermicompostaje de residuos orgánicos urbanos (29) o similares cuando usan vermicomposta de estiércol de borrego, bovino, equinos, caballo, cabra y conejos, presentan valores altos de pH y algunos macronutrientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas (69,70).

Los valores de Temperatura y humedad obtenidos es este estudio concuerda con los requerimientos promedios para la lombriz californiana que indican temperaturas hasta 25°C (44) y 35°C en climas templados utilizando vermicompostaje con humedad de 70 a 90% (71). Edwards (72), menciona que el requerimiento de humedad óptima para el crecimiento se sitúa entre el 80 y 85%, por lo cual Gómez y Herrera (63) menciona que niveles de humedad por debajo de dicha cifra juega un papel muy importante que afectaría la productividad del tratamiento cuya humedad fue relativamente menor a los otros evaluados.

#### **4.1.2. Parámetros productivos de la lombriz roja alimentado con vermicompost.**

El peso de la biomasa de las lombrices representado en la (Tabla 8) nos indica que al inicio de la investigación no muestra diferencias significativas ( $p>0,05$ ), es decir todos los tratamientos arrancan con un peso por igual, dicho de otra manera, se logró arrancar la investigación con homogeneidad para cada tratamiento, siendo esto de gran importancia porque establece que ninguno de los tratamientos se vio favorecido.

A los 45 días de la investigación, las 20 lombrices por tratamiento y repetición , que fueron sometidas a los diferentes tipos de alimentación precompostados, se registró la mayor biomasa para el tratamiento T3 (80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) con 13,78 g, seguido del T2 (80 % estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) y T4 (80 % residuos agrícolas (cáscara de maracuyá y plátano) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) con 11,36 y 12,82 g respectivamente, empero, el tratamiento de menor biomasa fue el T1 (90 % de tierra agrícola (hojarasca) + 10% de cartón) con 6,59 g.

Tabla 8. Parámetros productivos de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021.

Parámetros productivos	T1	T2	T3	T4	P-valor	CV	EE
	90% de hojarasca + 10% de cartón	80% estiércol bovino+ 10% hojarasca +10% de cartón	80% residuos frutas y verduras + 10% de hojarasca +10% de cartón	80% residuos cáscara de maracuyá y plátano + 10% de hojarasca +10% de cartón			
<b>Producción de Biomasa (g)</b>							
Peso inicial	5,30 a	5,21 a	5,20 a	5,14 a	0,9826	10,92	0,28
Peso a los 45 días	6,59 d	11,36 c	13,78 a	12,82 b	<0,0001	3,59	0,20
Peso a los 60 días	7,16 c	12,61 b	15,93 a	14,74 a	<0,0001	5,26	0,33
Ganancia de peso final (biomasa)	1,86 c	7,40 b	10,73 a	9,59 a	<0,0001	10,71	0,40
<b>Producción de Humus (kg)</b>							
Alimento suministrado (kg)	3,50	3,50	3,50	3,50	--	--	--
Degradación de sustrato (%)	34,53 b	39,99 a	9,76 c	7,46 c	<0,0001	6,42	0,74
Producción de Humus Total (kg)	1,21 b	1,40 a	0,34 c	0,26 c	<0,0001	6,42	0,03
<b>Producción de lombrices (unidades)</b>							
Sub adultas	61,50 a	56,25 a	0,50 b	0,75 b	<0,0001	31,41	4,67
Juveniles	177,50 a	167,25 a	3,50 b	4,75 b	<0,0001	16,59	7,32
Producción Total lombriz	259,00 a	243,50 a	24,00 b	25,50 b	<0,0001	11,33	7,82
<b>Tasa de crecimiento (%)</b>							
45 días	1,87 b	6,15 a	6,50 a	6,70 a	<0,0001	6,77	0,18
60 días	2,28 a	0,88 a	1,76 a	1,10 a	0,0462	44,73	0,34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

En este sentido, se considera que la alimentación basada en 80% de residuos de frutas y verduras+10% hojarasca+10% de cartón (T3) aumentó la biomasa de las 20 lombrices californianas ( $p<0,05$ ), no obstante, seguidas por una leve disminución de biomasa en las lombrices cuya alimentación incluía 10% de hojarasca (T4 y T2), empero, las lombrices alimentadas con 90% de hojarasca+10% de cartón (T1) sufrieron el 47,82% de descenso de biomasa. A los 60 días, la biomasa de las lombrices tiene el mismo comportamiento, pero es superada ( $p<0,05$ ) por los tratamientos T3 y T4 (15,93 y 14,74 g), mientras, el T1 muestra una considerable disminución (7,16 g). Esto se debe a la condición biológica, por desgaste energético, pues los tratamientos T1 y T2 se encontraban en estado reproductivo (producción de cocones), netamente necesario para la multiplicación y conservación de su especie (37). Esto explica de manera sintetizada la razón de los resultados obtenidos de biomasa final (Tabla 8), puesto que los tratamientos T1 y T2 generaron la mayor producción de cocones; en contraste a los resultados obtenidos para el T3 y T4 que su producción de huevos fue baja. Se establece que parte de la ganancia de peso a manera de biomasa prevalece una relación inversamente proporcional a la producción de cápsulas para la multiplicación de la población inicial. Es decir, existe una relación inversamente proporcional entre el peso y la reproducción, por tanto, una mayor tasa reproductiva compromete la ganancia de peso (73,74,37). También hay que considerar que la lombriz se alimenta de una u otra forma, en base a lo apetecible que sea la dieta (44), de ahí que, el mayor contenido de hojarasca expresó su deficiencia en la biomasa del T1 (1,86 g), en tanto, el T3 y T4 consiguieron ( $p<0,05$ ) 10,73 y 9,59 g, seguido del T2 (7,40 g) (Tabla 9).

En el porcentaje de degradación del sustrato, la cantidad de alimento ofrecido (2 kg en 30 días y 1,5 kg en los siguientes 30 días por cada tratamiento) produjo diferencia estadística ( $p<0,05$ ) en la degradación de sustrato (%), y, por consiguiente, en la producción de humus (kg) (Tabla 8). La degradación del sustrato producido (%) por las lombrices californianas durante los 60 días de alimentación, obtuvieron significancia estadística en la producción de humus ( $p<0,05$ ) superado por el T2 (39,99%:1,40 kg) seguido del T1 (34,53%:1,21 kg), en cambio, los T3 y T4 tuvieron valoraciones decrecientes (9,76%:0,34 kg y 7,46%:0,26 kg).

Considerando que los residuos de cocina son materiales orgánicos que gracias a su naturaleza poseen una salinidad elevada (55), esto explicaría porque dichos tratamientos presentaron una degradación mínima en comparación a los otros. La acción microbiana interviene para la efectiva degradación del contenido orgánico de origen domésticos o agroindustriales (55),

pero son las lombrices las que actúan como conductores del proceso, pues sus actividades generan un efecto estimulante en la biomasa microbiana y la interacción entre microorganismos para la degradación y biooxidación de los sustratos (25,29). Tal fue el caso de la evaluación de degradación del sustrato empelando T1( Estiércol bovino 75% + 25 % +100 lombrices) obteniendo 2 471,75 g de humus degradándose el 99,00% (56), en contraste de los otros tratamientos, cabe recalcar que en función al residuo orgánico empleado las dos investigaciones obtuvieron mayor producción de humus en función al uso de estiércol bovino , esto podría explicarse debido a que existe dos factores importantes dentro de dicha investigación , la primera es que se emplearon 100 lombrices para el tratamiento y el segundo es que investigación tuvo una duración de 90 días con aplicación de 4 kg total de sustrato, 30 días más que la presente investigación que empleo 3,5 kg de sustrato, siendo entonces un análisis comparativo del siguiente modelo T1( Estiércol bovino 75% + 25 % +100 lombrices) = 2 471,75 g Humus/100 Lombrices/90 días); T2 (80% estiércol bovino+ 10% hojarasca +10% de cartón = (1,40 Kg Humus/20 Lombrices/60 días).

La producción de lombriz por densidad de siembra fue por el conteo de las lombrices, se consideró los individuos que iniciaron en la investigación como sub adultas (20 unidades por tratamiento) y conforme fue la etapa fisiológica durante los primeros 21 días, pasaron a ser adultas sexualmente desarrolladas. La valoración de las tres fases en las lombrices californianas: sub adultas, juveniles y producción total de lombriz fue significativo ( $p < 0,05$ ), con incrementos equivalentes en los T1 y T2, por el contrario, los T3 y T4 tuvieron decrementos en la producción (Tabla 11). Estos resultados pueden explicarse en relación del tipo de sustrato utilizado, aunque para una mayor productividad Escobar (21) menciona que la densidad debe de encontrarse alrededor de 5 kg de lombriz/  $m^2$ , cuando se realiza la cría en recipientes volumétricos es recomendable realizar la siembra de 250 lombrices de *E. foetida* / $m^3$  (75). Es necesario considerar las dimensiones de los recipientes donde se llevó a cabo la inoculación de las lombrices que fue de 38 cm x 24cm x 24cm (0,020  $m^3$ ). Como lo indican los resultados obtenidos por Aviles (76), donde el T1 compuesto por estiércol bovino fermentado encontraron 275,50 lombrices/  $m^3$  a los 90 días y 519,00 lombrices/  $m^3$  a los 120 días de investigación. Los tratamientos con mayor tasa de crecimiento a los 45 días de evaluación fueron significativos ( $p < 0,05$ ) con porcentajes superiores en los tratamientos T2, T3 y T4; posteriormente, a los 60 días, todos los tratamientos mantuvieron una misma tendencia sin efecto significativo ( $p > 0,05$ ) (Tabla 8). Considerando que la tasa de crecimiento diario de las lombrices como lo explica Gómez y Herrera (63) es la que permite

corroborar la clara tendencia de un incremento de peso, lo cual ocurrió en el estudio realizado por estos autores empelando tratamientos de estiércol de caballo a dos temperaturas (16 y 22 °C) donde los individuos adultos evaluados obtuvieron diferencias significativas en contraste a la temperatura que eran sometidos.

#### **4.1.3. Parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana alimentada con residuos orgánicos pre-compostados.**

La madurez sexual de las lombrices sub adultas alcanzaron a los 21 días con su clitelo desarrollado, indicando que se encuentran listas para la reproducción (actividad sexual). De ahí que, el cambio fisiológico que se produjo en las tres primeras semanas, no tuvo efecto significativo ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, al incluir diferentes dietas con residuos orgánicos. En la producción de cocones, los tratamientos T1 (119; 80) y T2 (133; 96) depositaron mayor cantidad de cocones a los 45 y 60 días de experimento ( $p < 0,05$ ), seguido de los tratamientos T3 y T4 (Tabla 9). Pero, el mayor porcentaje de fertilidad ( $p < 0,05$ ) fue para el tratamiento T2 (92%) con notable número de eclosión de cocones, seguido del T1, T4 y T3 y por consiguiente, el T2 supero ( $p < 0,05$ ) a los demás tratamientos con 4 lombrices por cocón, seguido del T1, T3 y T4.

Considerando que el peso inicial por individuo al inicio de la investigación fueron particularmente cercanos e inclusive similares a lo mencionado por Schuld, Rumi y Gutiérrez (59) , acerca que la madurez efectiva de las lombrices californianas se da cuando esta alcanza los 0,25 g de peso y 2,5 a 3 cm de longitud, demostrando que todos los animales que se encuentran dentro de este rango en esta investigación empezaron a exhibir clitelo en gran mayoría a los 21 días de la investigación.

En la práctica realizada por Schuldt, y otros (59) empleando lombrices en etapa adulta con 0,40 g de peso y posterior a ello alimentadas durante 63 días con estiércol de conejo, equino y bovinos , los investigadores que el tratamiento de estiércol de conejo presentó un mayor incremento de peso; pero la producción de cocones fue mínima. Sin embargo, Herrera y De Mischis (77) mencionan que sus mayores resultados para la producción de cocones fueron empelando de estiércol de conejo en contraste a dietas de mezclas de estiércol ovino, equino y bovino, siendo entonces el factor diferencial entre estas dos investigaciones el rango de tiempo empleado para recabar los datos el cual fue de 12 meses para esta última.

Tabla 9. Parámetros reproductivos de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021.

Parámetros	T1		T2		T3		T4		p-valor	CV	EE
	90% de hojarasca + 10% de cartón		80% estiércol bovino+ 10% hojarasca +10% de cartón		80% residuos frutas y verduras + 10% de hojarasca +10% de cartón		80% residuos cáscara de maracuyá y plátano + 10% de hojarasca +10% de cartón				
<b>Cambio fisiológico</b>											
Madurez, sem 1	4,00	a	4,00	a	5,00	a	5,00	a	0,6343	19,24	0,42
Madurez, sem 2	11,00	a	11,00	a	12,00	a	11,00	a	0,6435	12,04	0,68
Madurez, sem 3	19,00	a	18,00	a	19,00	a	19,00	a	0,8015	5,83	0,54
<b>Producción de cocones (unidades)</b>											
Conteo a los 45 días	119,00	a	133,00	a	45,00	b	64,00	b	<0,0001	15,52	6,98
Conteo a los 60 días	80,00	a	96,00	a	63,00	b	46,00	b	<0,0001	11,57	4,10
Total de cocones	199,00	a	229,00	a	107,00	b	109,00	b	<0,0001	9,89	7,95
<b>Fertilidad (%)</b>											
Eclosión de cocones fertilizados	83,00	ab	92,00	a	33,00	b	42,00	ab	0,0116	39,25	12,27
<b>Tiempo eclosión</b>											
Días promedio	18,21	a	17,58	a	22,08	b	20,38	b	0,0001	4,90	0,48
<b>Nacimiento de lombrices por cocón</b>											
Lombrices por cocón	2,00	b	4,00	a	1,00	b	1,00	b	0,0003	36,44	0,34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En una investigación realizada por Tocallino, Roux y Agüero (41) donde se evaluó el comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana durante las cuatro estaciones del año sometidas a distintos compostajes, el tratamiento que estaba compuesto por estiércol de bovino compostado resultó ser el tratamiento con los valores más altos para la variable del número de lombricillas o crías por cocón evaluado a los 14 y 21 días, siendo para otoño temperatura de 19,1°C :4,43 crías, invierno temperatura de 19,4°C:4,65 crías, primavera temperatura de 19,7 °C:6,10 crías y verano con una temperatura de 20,1°C fue de 7,10 crías por cocón. Siendo estos resultados acordes con lo encontrado en el T2 con un número de 4 lombrices por cocón, difiriendo por los días promedios necesarios para su eclosión (17,58 días). Otra investigación realizada por Sánchez (44) demuestra que el número de lombricillas por cocón alcanza los 9,4 y 7,4 crías en 20 y 21,3 días promedio de tiempo de eclosión empleando tratamientos compuestos T3 (Estiércol vacuno a un 80% y residuos orgánicos de mercado de fruta 20% ) y T1 compuesto por (Estiércol vacuno a un 80% y estiércol ovino 20%) proporcionalmente ; es decir, que las lombrices sometidas a una alimentación a base de estiércol bovino se encuentra este tipo de comportamiento favorable para dicha variable.

#### **4.1.2. Parámetros morfométricos de la lombriz roja alimentada en sistemas pre-compostados de residuos orgánicos.**

El peso de la lombriz en todos los tiempos fue significativo ( $p < 0,05$ ) para el tratamiento T3 a los 45 y 60 días, así como el peso individual (0,75, 0,92 y 0,67 g). En cuanto a la longitud de las lombrices, los tratamientos T2, T3 y T4 tuvieron una tendencia similar ( $p < 0,05$ ) superiores a T1. Esta tendencia se incrementó a los 60 días ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos T3 y T4. En cuanto a la longitud del cocón (cm), todos los tratamientos fueron similares ( $p > 0,05$ ) (Tabla 10).

Los valores encontrados para los parámetros morfométricos establecidos en esta investigación arrojaron que el tratamiento T3 (80 % residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) obtuvo a los 60 días de investigación un promedio de 0,92 g y 8,05 cm de longitud, estos valores difieren con un reporte, que empleando un tratamiento coincidentemente denominado también T3 (80% estiércol vacuno y 20% residuos orgánicos de mercado de fruta) obtuvo 5,94 cm y 0,694 g de peso, considerando que puede darse por la combinación de los desperdicios de alta fermentación como son los residuos orgánicos de mercado de fruta y el estiércol vacuno (44).

Tabla 10. Morfología de la lombriz roja californiana alimentados con vermicompost de residuos orgánicos. Patricia Pilar 2021.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>			
<b>Medidas morfométricas</b>	<b>90% de hojarasca + 10% de cartón</b>	<b>80% estiércol bovino+ 10% hojarasca +10% de cartón</b>	<b>80% residuos frutas y verduras + 10% de hojarasca +10% de cartón</b>	<b>80% residuos cáscara de maracuyá y plátano + 10% de hojarasca +10% de cartón</b>	<b>p-valor</b>	<b>CV</b>	<b>EE</b>
<b>Peso individual de las lombrices (g)</b>							
Inicial	0,24 a	0,24 a	0,25 a	0,25 a	0,1998	5,16	0,01
A 45 días	0,29 c	0,63 b	0,75 a	0,71 ab	<0,0001	7,83	0,02
A 60 días	0,38 d	0,70 c	0,92 a	0,80 b	<0,0001	5,41	0,02
Peso individual ganado	0,14 d	0,45 c	0,67 a	0,55 b	<0,0001	9,24	0,02
<b>Longitud de las lombrices (cm)</b>							
Inicial	4,33 a	4,08 a	4,18 a	4,13 a	0,281	4,32	0,09
45 días	4,91 b	6,19 a	6,75 a	6,68 a	<0,0001	4,32	0,13
60 días	5,26 c	6,76 b	8,05 a	7,55 a	<0,0001	4,76	0,16
Longitud lograda	0,92 c	2,67 b	3,89 a	3,43 a	<0,0001	13,22	0,18
<b>Longitud del cocón (cm)</b>	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,03 a	0,1678	12,56	2,00E-03

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Para la variable de longitud, varios autores (49) obtuvieron similares resultados cuando utilizaron diferentes productos orgánicos: T3=50% T1 (T1= 40% estiércol de vaca + 30% estiércol de oveja + 30% estiércol de caballo + 2 kg de tierra agrícola), T2= (40% cáscara de sandía + 30% de cáscara de plátano + 30% de 2 kg de tierra agrícola), T3= (T1 + 50% T2 + 2 kg de tierra agrícola) logrando una longitud promedio de 7,37 cm, lo cual es interesante porque el tratamiento valorado por dichos investigadores tiene una sub mezcla de proporciones a los empleados en esta investigación, en los que se resalta la tierra agrícola y los desperdicios orgánicos tales como cascaras de sandía, cabe recalcar, que la alimentación de las lombrices infliere de manera directa en su crecimiento y desarrollo biológico (78).

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- ✓ El vermicompost de los residuos orgánicos con base en 80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón, logró obtener resultados favorables para la mayor parte de parámetros productivos, tales como la producción de humus y degradación de sustrato, dicho tratamiento obtuvo 1,40 kg y 39,99% respectivamente.
  
- ✓ El efecto del sistema de vermicompostaje en base a 80% estiércol bovino+ 10% de tierra agrícola (hojarasca)+ 10% cartón arrojó resultados altamente significativos para los parámetros reproductivos, la naturaleza propia del sustrato es la que permitió a las lombrices multiplicar su población inicial, con un total de 229,00 cocones, 92,00% de fertilidad y 4,00 lombrices nacidas por cocón.
  
- ✓ Las características morfométricas de las lombrices evaluadas en relación con el tipo de residuo orgánico empleado se encontraron que el tratamiento T3 con base en (80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) +10% de cartón) obtuvo resultados altamente significativos para el peso individual 0,92 g y longitud de 8,05 cm a los 60 días de investigación.

## 5.2. Recomendaciones.

Emplear en futuras investigaciones los mismos residuos orgánicos; pero con mayores porcentajes en la inclusión de la hojarasca de cacao y cartón en cada tratamiento, suponiendo que tal acción logre establecer resultados favorables en función al empleo de residuos orgánicos de origen casero y agrícola, los cuales demuestran mayor ventaja en ciertas características de las lombrices rojas californianas; pero decaen en otras de mayor importancia

Realizar investigaciones considerando otro tipo de residuos orgánicos, tales como excretas previamente compostadas de diversos animales de interés zootécnico y al darse la situación de emplear nuevamente residuos de origen caseros, deben de realizar una clasificación previa en función del tipo de fruta o verdura que componen el subconjunto de residuos, esto permitiría evitar alteraciones de pH y temperatura por los diversos desechos que poseen diversos niveles de alcalinidad y salinidad perjudicando el bienestar de las lombrices.

Considerar el estudio del comportamiento productivo, reproductivo y morfométrico de otra especie de lombrices de tierra tales como la *Eisenia andrei Bouché* bajo el empleo de sustratos de origen orgánico para su alimentación.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

1. Jones DT, Taylor WR, Thornton JM. A model recognition approach to the prediction of all-helical membrane protein structure and topology. *Biochemistry*. 1994; 33(10): p. 3038-3049.
2. Lavelle P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*. 1997; 27: p. 93-132.
3. Brown GG, Callahan MA, Niva CC, Feijoo A, Sautter KD, James SW, et al. Terrestrial oligochaete research in Latin America: The importance of the Latin American meetings on oligochaete ecology and taxonomy. *Applied Soil Ecology*. 2013; 69: p. 2–12.
4. Burbano O. La materia orgánica: origen, propiedades y su relación con la calidad/salud del suelo. Paipa: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo; 1998.
5. Six J, Elliot ET, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*. 2000; 32(14): p. 2099-2103.
6. Jongmans A, Pulleman M, Marinissen. Soil structure and earthworm activity in a marine silt loam under pasture versus arable land. *Biology and Fertility of Soil*. 2001; 33: p. 279-285.
7. Vargas MRN. Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo.; 2010.
8. Moreno RA, García GL, Cano RP, Martínez CV, Márquez HC, Rodríguez DN. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecos. Rec. Agrop*. 2014; 1(2): p. 163-173.
9. Sogbesan A, Ugwumba A, Madu C. Potencial de productividad y valores nutricionales de Lombriz de tierra de la zona semiárida ( *Hyperiodrilus euryaulos* ; Clausen, 1967) cultivado en desechos orgánicos como pescado suplemento alimenticio. *Pak. J. Biol. Sci*. 2007; 10: p. 2992 - 2997.

10. Rahman JA,RS, Vikineswary S. Potencial nutritivo y aprovechamiento de super harina de gusano (Zophobas Morio) en la dieta de los tilapia (Oreochromis Niloticus) juvenil. Revista africana de Biotecnología. 2012; 11 (24): p. 6592 - 6593.
11. Agbédé G, Nguekam , Mpoame M. Essai d ' utilisation de La Farine de Vers de Terre Eudrilus Eugeniae Dans l ' alimentation Des Poulets de Chair En Finition. Tropicultura. 1994; 12 (1): p. 3 - 5.
12. Sogbesan O, Madu C. Evaluación de harina de lombriz de tierra como pienso proteico en dietas para heterobranchus longifilis valenciennes, 1840 dedo-lings en condiciones de laboratorio. Revista de investigación de Ciencias ambientales. 2008; 2(1): p. 23 – 31.
13. Sonaiya E, Swan S. Producción en aviculture familiale - Técnica de un manuel. Manual tecnico. Roma: FAO; 2004.
14. Borrás-Sandoval L, Torres- Vidales G. Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES. Orinoquia. 2016; 20(2).
15. Boulogne S, Márquez E, Yohn G, Medina A, Cayot P. Optimización de la operación de secado de la carne de lombriz (Eisenia Andrei) para producir harina destinada al consumo animal. Ciencia e Ingeniería. 2008; 29(2): p. 91-96.
16. Velásquez L, Herrera C, Ibañez I. Harina de lombriz. Obtención , composicion quimica, valor nutricional y calidad bacteriológica. Alimentos. 1986; 11(1): p. 15-21.
17. Chiripasi S, Moreki J, Nsoso S, Letso M. Efecto de la alimentación con harina de gusano mopano sobre el mineral ingesta, retención y utilización en gallinas de Guinea bajo sistema intensivo. Revista internacional de aves de corral Ciencia. 2013 ; 12 (1): p. 19-28.
18. Francis F, Haubruge E, Thang P, Kinh L, Lebailly P, Gaspar C. Técnica de Lombriculture Au Sud Vietnam. Biotecnología, Agronomía y Sociedad y Medio Ambiente. 2003; 7 (3 - 4): p. 171 - 175.
19. Somarriba R, Guzmán G. Guía de Lombricultura. Guía Técnica No. 4. Tingo María, provincia de Leoncio Prado en Huánuco, Perú: Univesidad Nacional Agraria; 2004.

20. Ferruzzi C. Manual de Lombricultura. Primera ed. Madrid: Mundi-Prensa; 1997.
21. Escobar CA. Usos potenciales del humos (abono organico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz. Tesis de pregrado. , Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias ; 2013.
22. Artigas AR. La lombricultura como actividad económica - ambientalista desde la perspectiva del desarrollo endógeno en la educación media. Tesis de pregrado. ; 2011.
23. Pérez ZJ, García MA. Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas: Estudio anatómico y funcional de un anélido y un crustáceo. Reduca (Biología). Serie Zoología. 2009; 2(2): p. 126-141.
24. Paco G, Loza MM, Mamani F, Sainz H. Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Journal of the Selva Andina Research Society. 2011; 2(2): p. 24-39.
25. Domínguez J, Pérez L. *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de lombrices de tierra. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 2010;(2): p. 321-331.
26. Galarsi M, Medina A, Ledezma C, Zanin L. Comportamiento, historia y evolución. Fundamento en humanidades. 2011; XII(24): p. 89-123.
27. Steinmann A, Grenat P. Comportamiento animal reproductivo : un enfoque evolutivo. Segunda ed. UniRío , editor. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río; 2020.
28. Genghini R, Bonvillani A, Echeverría A. Introducción al mejoramiento animal. Sitio Argentino de Reproducción Animal. 2002;; p. 1-26.
29. Villegas C, Laines C. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista mexicana de Ciencias Agrícolas. 2017; 8(2): p. 393-406.
30. Varnero M, Rojas C, Orellana R. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. 2007; 7(1): p. 28-37.

31. León C. Manual de lombricultura en casa. Guadalajara: Azoteas Verdes de Guadalajara ; 2013.
32. Grómez D. El estudio de los residuos : definiciones, tipologías, gestión y tratamiento. Serie Geográfica. 1995;(5): p. 21-42.
33. Ministerio del Ambiente y Agua. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. Primera ed. Quito: ACRA; 2020.
34. Bustos F. La problemática de los desechos sólidos. Economía. 2009; 34(27): p. 121-144.
35. Álvarez S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. Ecosistemas. 2005; 14(2): p. 17-29.
36. Delgado AMdM, Porcel CMÁ, Miralles de Imperial Hornedo R, Beltrán RE, Beringola BL, Martín SJV. Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2004; 20(2): p. 83-86.
37. Durán L, Henríquez C. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense. 2009; 33( 2): p. 275-281.
38. Chicaiza T. Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo. Tesis de postgrado. Honduras: Zamorano , Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria; 2007.
39. Sánchez C. Abonos orgánicos y Lombricultura: RIPALME; 2003.
40. Ferruzi C. Manual de Lombricultura. Madrid;; 1987.
41. Toccalino P, Roux J, Agüero C. Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. Revista Veterinaria. 2004; 15 (2): p. 65-69.
42. Espinoza-Navarro O, Ferreira C, Bustos-Obregón E. Efecto del metamidofos sobre la morfología y los parámetros reproductivos masculinos de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Revista internacional de morfología. 2013; 31(3): p. 1097-1103.

43. INDICAP. Curso sobre la producción y Agroindustrialización de la lombriz de tierra. Santiago de Chile ; 1990.
44. Sanchez PV. Crianza de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* NC) para la producción de carne usando cuatro tipos de sustratos en las EEAAS. Tesis de pregrado. Satipo., Facultad de Ciencias Agrarias ; 2012.
45. Loza M, Choque M, Pillco T, Huayta T, CO, Cutili P. Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2010; 1(4): p. 555-565.
46. Brown GG, Doube BM. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. In Edwards CA. Earthworm ecology. Boca Raton; 2004. p. 213.
47. Crespo G. Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2013; 47(4): p. 329-334.
48. Curry JP, Schmidt O. The feeding ecology of earthworms- A review. Pedobiologia. 2007; 50: p. 463.
49. Canales G, Solís R, Panca C, Quispe C. Crianza de *Eisenia foetida* (lombriz roja ) en diferentes sustratos de desarrollo biológico. Ecología Aplicada. 2020; 19(2): p. 87-92.
50. Iglesias ML. El estiércol y las practicas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Manual técnico. Secretaria Gneral de Estructuras Agrarias , Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion ; 1994.
51. Cardona AC, Sánchez TO, Ramírez AJ, Alzate RL. Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. Revista Colombiana de Biotecnología. 2004 Diciembre ; 6(2): p. 78-89.
52. Lara A, Quintero R. Manual de producción de humus de lombriz. Montecillo, Edo. de México: Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Unidad Académica de Agronomía; 2006.

53. Acosta-Durán CM, Solís-Pérez O, Villegas-Torres OG, Cardoso-Vigueros L. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto de la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*. 2013; 37(1): p. 127-139.
54. Gabriel P, Loza-Murguía M, Mamani F, Sainz H. Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 2011; 2(2): p. 24-39.
55. Mamani-Mamani G, Mamani-Pati F, Sainz M, Villca H. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Selva Andina Research Society*. 2012; 3(1): p. 44-54.
56. Limachi M. Evaluar el efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con estiércol bovino y aserrín descompuesto en sapecho Alto Bien. Tesis de postgrado. La Paz:, Facultad de Agronomía ; 2018.
57. Servicio Meteorológico. Red de estaciones meteorológicas. [Online].; 2018. Available from: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>.
58. Fernández ER, Trapero A, Domínguez J. Experimentación en Agricultura Sevilla: Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca ; 2010.
59. Schuldt M, Rumi A, Gutiérrez GD. Determinación de “edades” (clases) en poblaciones de *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobológicas. *Revista del Museo de La Plata*. 2005; 17(170): p. 1-10.
60. Hernández A. JA, Pietrosemoli C. S, Faría R. A, Palma R, Canelón R. Efecto de la frecuencia de alimentación en el crecimiento y reproducción de la lombriz *Eisenia* spp. *Interciencia*. 2009 abril; 34(4): p. 270-273.
61. Santamaría-Romero S, Ferrera-Cerrato R. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra Latinoamericana*. 2002; 20(3): p. 303-3.

62. Cuzco E. Evaluación de diferentes sustratos en la producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), Chachapoyas -Perú. Tesis de pregrado. Chachapoyas:, Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología ; 2019.
63. Gómez G, Herrera R. Crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida* en cultivos de laboratorio. Dpto. Zoología y Antropología Física. 2012; 2: p. 1-8.
64. Domínguez J, Gómez-Brandón M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológicas Mexicana* (n.s.). 2010;( Número Esoecial 2): p. 309-320.
65. Balzarini M, Gonzalez L, Tablada E, Casanoves F, Di Rienzo J, Robledo C. InfoStat versión 2008. Manual del Usuario. Argentina; 2008.
66. Hernández J, Rincón M, Jiménez R. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* sp.) bajo condiciones de clima cálido. *Acta Científica Venezolana*. 1997; 14: p. 387-392.
67. Hernández J, Roa L. Efecto de tres estiércoles animal en la capacidad de reproducción de la lombriz roja *Eisenia* ssp. *Acta Científica Venezolana*. 1998; 48: p. 209.
68. Toccalino P, Agüero M, Serebrinsky CyRJ. Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Rev. Vet.* 2004; 15(2): p. 65-69.
69. González S, Rodríguez M, Trejo T, Sánchez E, García C. Propiedades químicas de tés de vermicompost. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2013; 5: p. 901-911.
70. Moreno R, Solís M, Blanco C, Vásquez A, Guzmán C, Rodríguez D, et al. Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Rev. Chapingo*. 2013; 20(1): p. 55-62.
71. Moreno J, Moral R, García M, Pascual J, Bernal M. Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones. Recursos orgánicos: aspectos agronómicos y medioambientales. Colección: de residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad España: Mundi-Prensa; 2014.

72. Edwards CA. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. In Edwards CA. *Earthworm Ecology*. Boca Raton: CRC Press; 1998. p. 327-354.
73. Cluzeau D, Fayolle L, Humbert M. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species. *Boil Bio*. 1992; 24(12): p. 1309-1315.
74. León S, Villalobos G, Fraile J, González NW. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. *Agronomía Costarricense*. 1992; 16(1): p. 23-28.
75. Pineda JA. *Lombricultura*. Tegucigalpa, Dirección de Generación de Tecnología; 2006. Report No.: ISBN 99926-37-50-1.
76. Aviles GSE. Evaluación de varios sustratos orgánicos en el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas con estiércol de bovino, pollinaza y compost, en la zona de Babahoyo. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias ; 2018.
77. Herrera JAD, De Mischis C. 4. Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* (Savigny) (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae). *Megadrilologica*. 1994; 5(11): p. 117-124.
78. Diacono M, Montemurro F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012;(30): p. 401-422.

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

## 7.1. Anexos.



Fotografía 1, 2 y 3 : Instalación de los tratamientos con su respectiva distribución



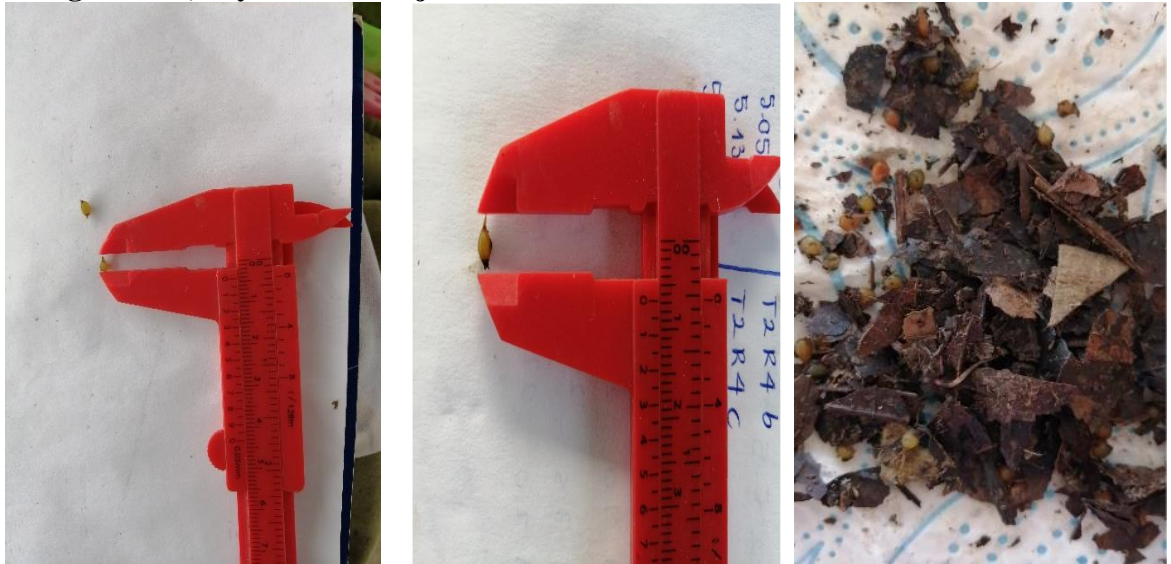
Fotografía 4, 5 y 6 : Revisión periódica de parametros climaticos.



Fotografía 7, 8 y 9 : Riego de agua potable y control de pH y humedad.



**Fotografía 10,11 y 12 : Gramaje de biomasa e individual de las lombrices evaluadas.**



**Fotografía 13, 14 y 15 : Toma de medidas de longitud en los cocones encontrados.**



**Fotografía 16, 17 y 18 : Toma de peso de el humus producido.**



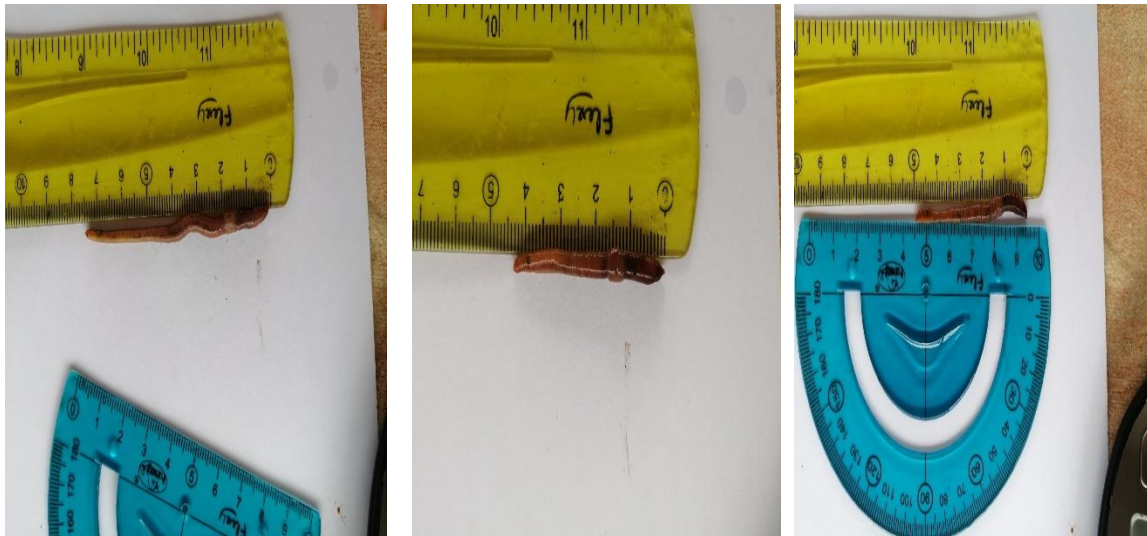
**Fotografía 19, 20 y 21 : Preparación para la incubación de cocones.**



**Fotografía 22, 23 y 24 : Actividad de copula en las lombrices evaluadas**



**Fotografía 25, 26 y 27 : Cocones encontrados en los tratamientos**



Fotografía 28, 29 y 30 : Toma de longitud cm de las lombrices

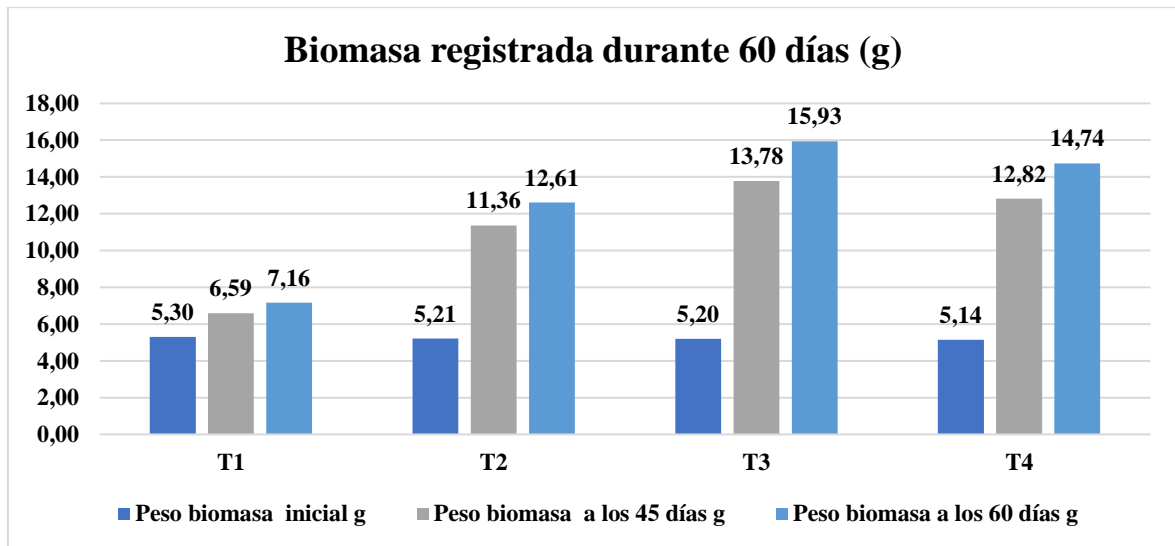


Figura 1: Gráfica de la biomasa presentada por los tratamientos de residuos orgánicos.

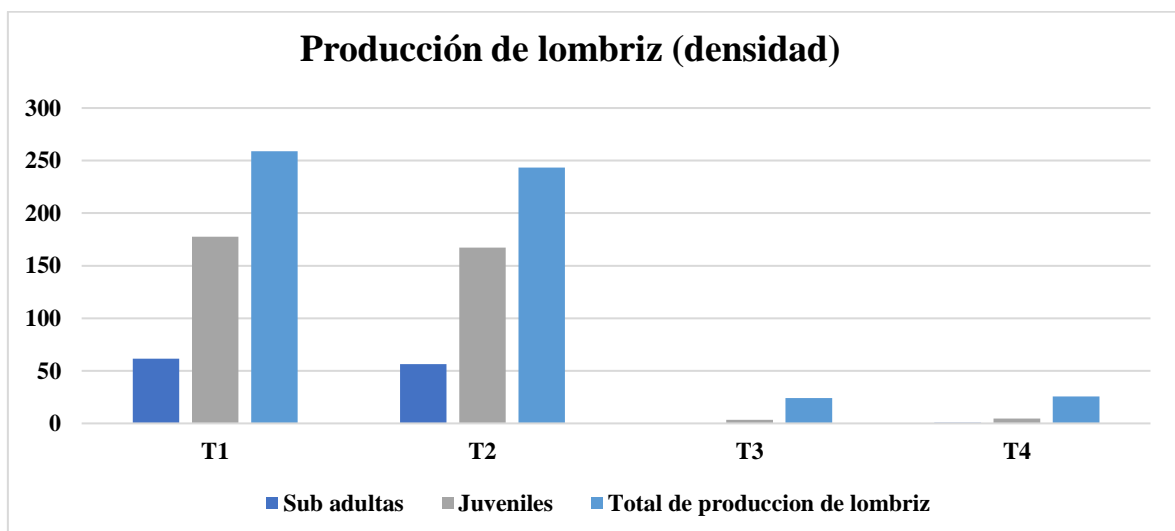
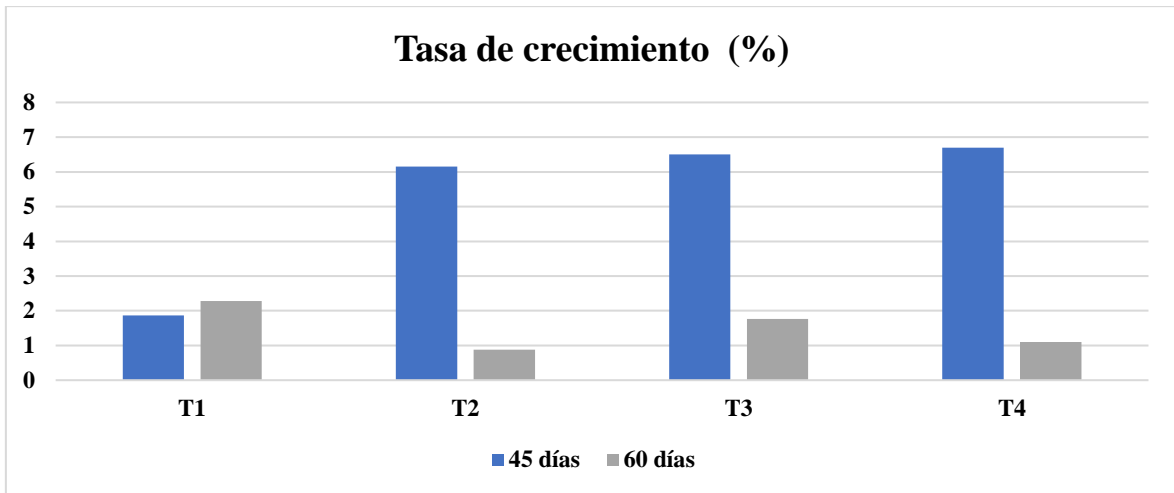
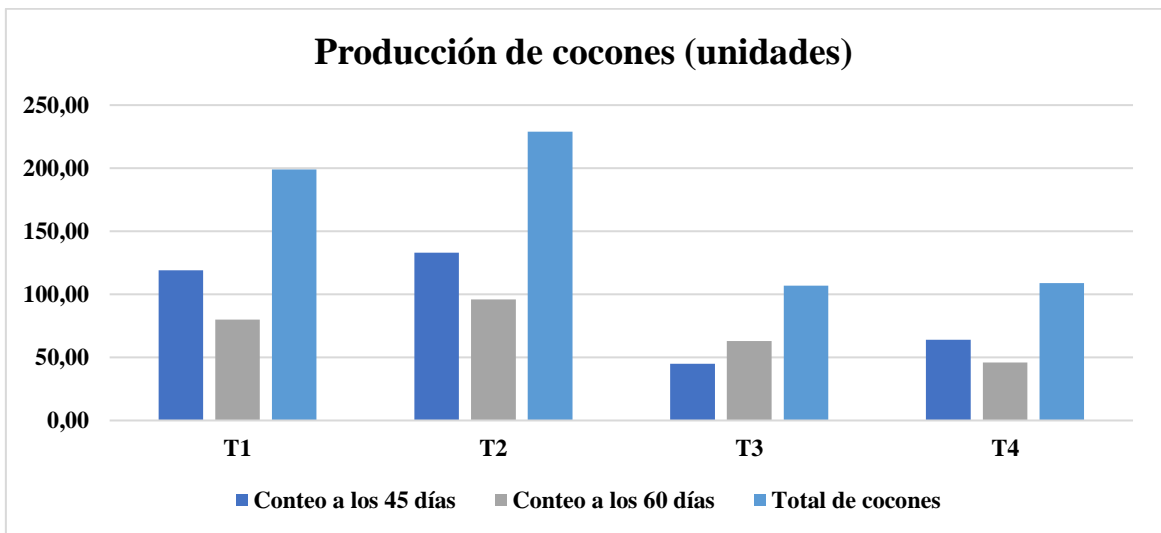


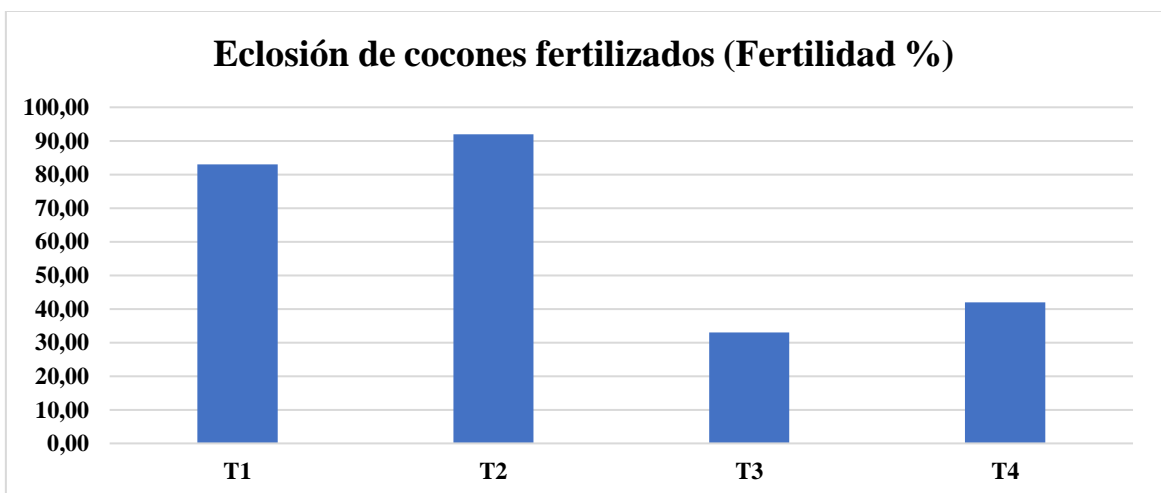
Figura 2: Gráfica del número de individuos de cada tratamiento a los 60 días de investigación.



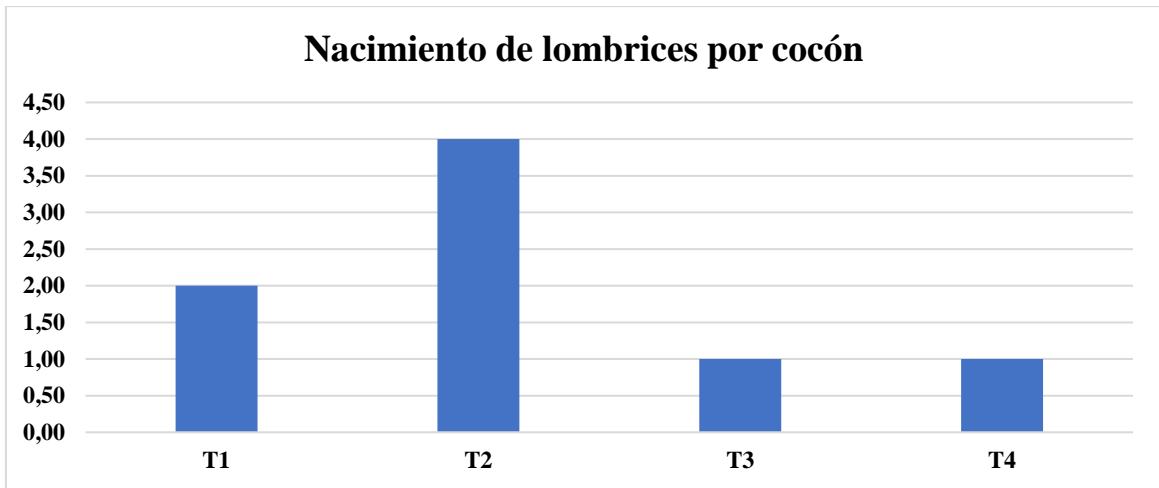
**Figura 3:** Gráfica de la tasa de crecimiento de las lombrices rojas californianas durante 60 días de investigación.



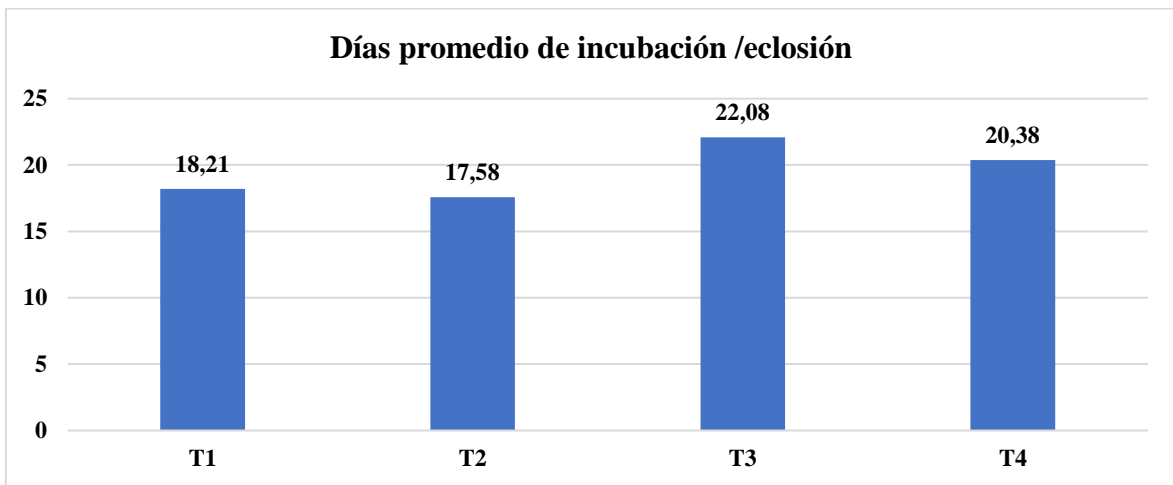
**Figura 4:** Gráfica de la producción de cocones de dos conteos realizados a los 45 y 60 días de investigación.



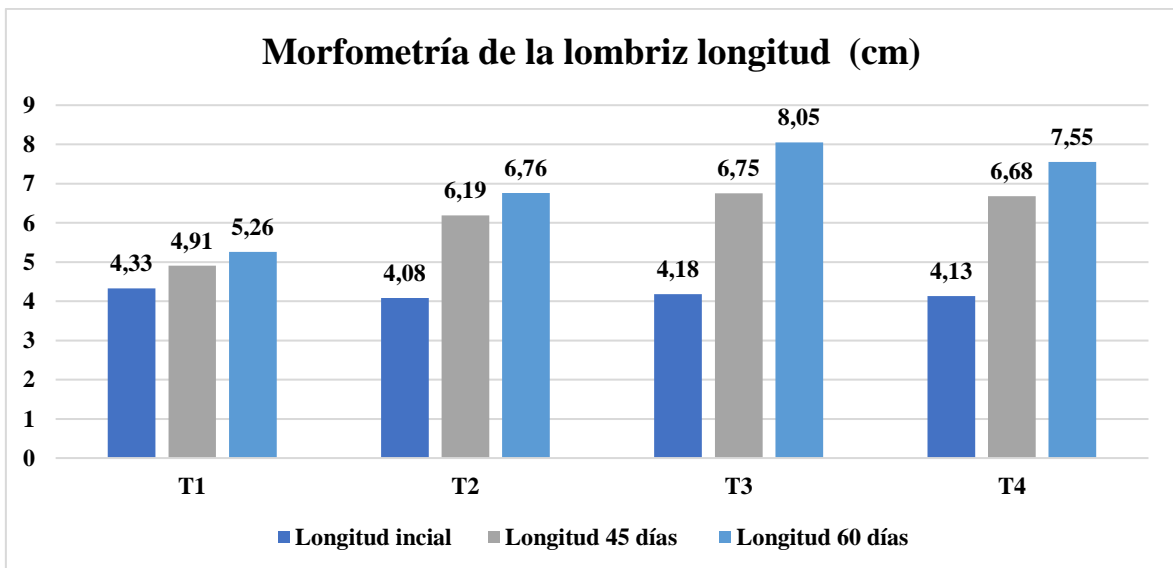
**Figura 5:** Gráfica de la Fertilidad expresada en porcentaje de la eclosión total de los cocones evaluados.



**Figura 6:** Gráfica del número de lombrices por cocón evaluados.



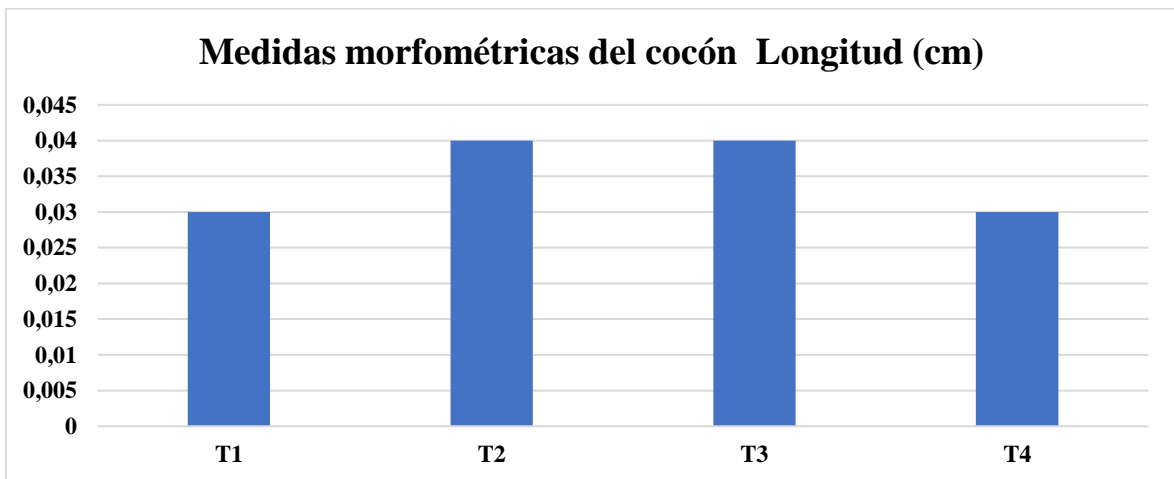
**Figura 7:** Gráfica de los días promedios de eclosión presentada por los tratamientos de residuos orgánicos



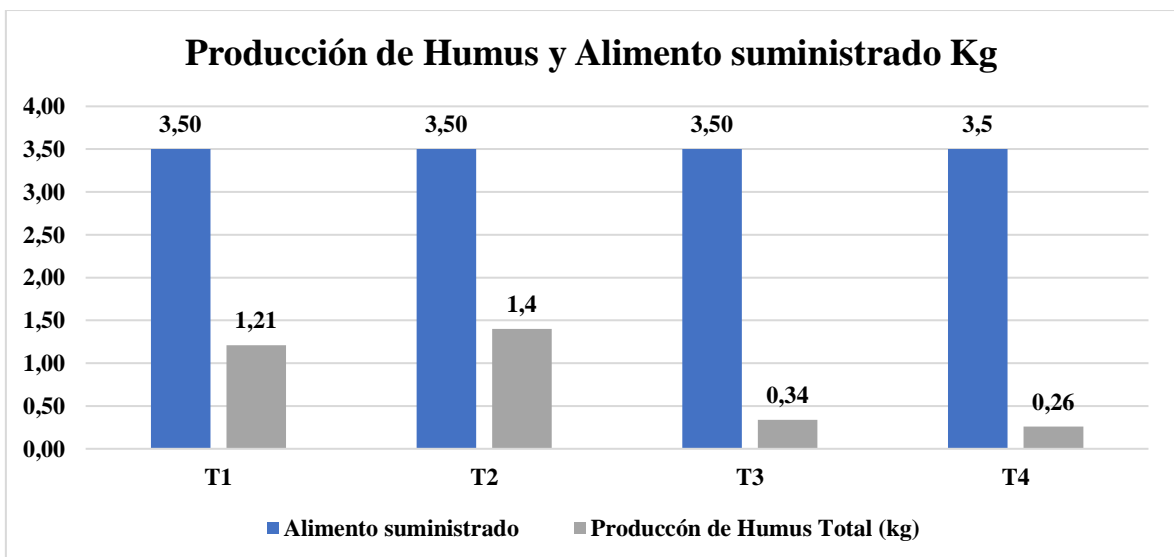
**Figura 8:** Gráfica de la longitud de las lombrices sometidas a cuatro los tratamientos de residuos orgánicos.



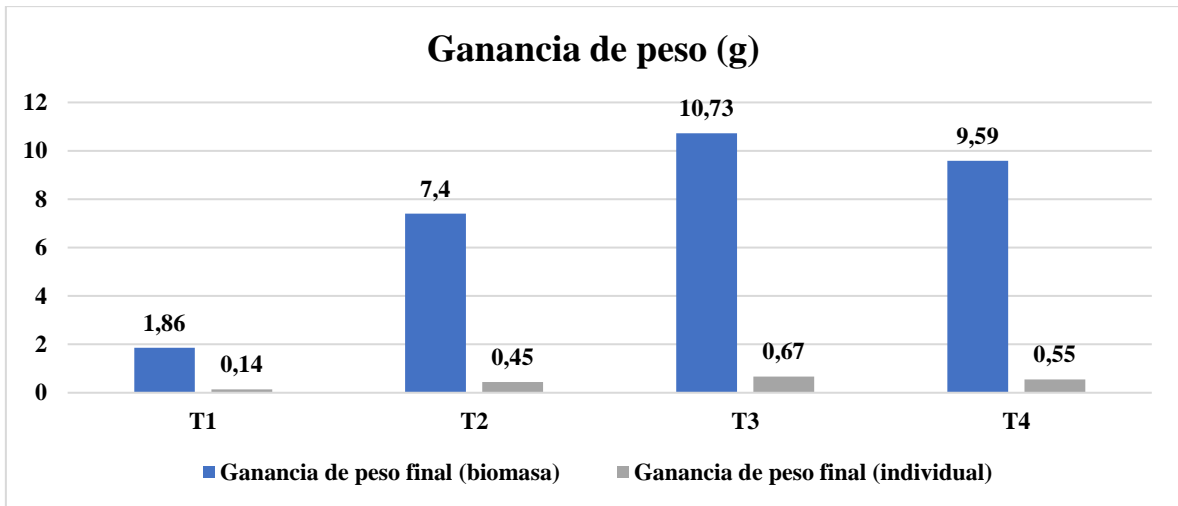
**Figura 9:** Gráfica del gramaje d de las lombrices sometidas a cuatro los tratamientos de residuos orgánicos.



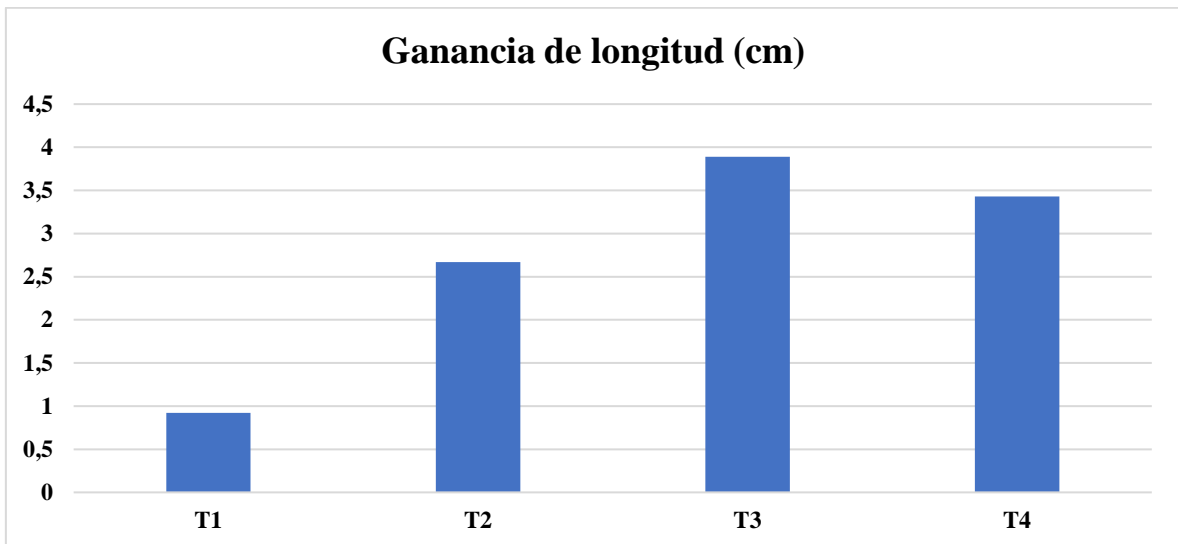
**Figura 10:** Gráfica de las medidas morfométricas (longitud en cm) de los cocones evaluados.



**Figura 11:** Representación gráfica de los parámetros productivos degradación de humus en relación con el alimento suministrado Kg.



**Figura 12:** Gráfica de la ganancia de peso de las lombrices durante los 60 días de investigación.



**Figura 13:** Gráfica de la ganancia de la longitud de las lombrices durante los 60 días de investigación.