



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

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

Título de la Unidad de Integración Curricular:

**“DINÁMICA POBLACIONAL DE LA *Eisenia foetida* ALIMENTADA
CON COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, QUEVEDO 2022”**

Autora:

Guerrón Vera Nury Yadira

Director de la Unidad de Integración Curricular:

Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, M.Sc.

Quevedo-Los Ríos-Ecuador

2022

Declaración de autoría y cesión de derechos.

Yo, **Guerrón Vera Nury Yadira**, declaro que la investigación aquí descrita es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Guerrón Vera Nury Yadira
C.I.: 1207436369
AUTORA



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

Certificación de culminación de la Unidad de Integración Curricular.

La suscrita, Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), certifica que la estudiante Guerrón Vera Nury Yadira, realizó el presente proyecto de investigación de grado titulado **“DINÁMICA POBLACIONAL DE LA *Eisenia foetida* ALIMENTADA CON COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, QUEVEDO 2022”** previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,

Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, M.Sc.
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

**Certificación del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia
y/o plagio académico.**

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENECYT, la suscrita Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, M.Sc.; en calidad de Tutora de la Unidad Integradora Curricular titulada “**DINÁMICA POBLACIONAL DE LA *Eisenia foetida* ALIMENTADA CON COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, QUEVEDO 2022**” de autoría de la estudiante Guerrón Vera Nury Yadira, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es del **3%**, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



Document Information

Analyzed document	urkund.docx (D151055498)
Submitted	11/14/2022 7:47:00 PM
Submitted by	Alexandra Barrera
Submitter email	abarrera@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	abarrera.uteq@analysis.urkund.com

Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez, M.Sc.
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

Unidad de Integración Curricular

Título:

**“DINÁMICA POBLACIONAL DE LA *Eisenia foetida* ALIMENTADA CON
COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, QUEVEDO 2022”**

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

Aprobado por:

Ing. Germán Alexander Jácome López, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Emma Danielly Torres Navarrete, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Samir Antonio Zambrano Montes
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Agradecimiento.

De pequeña me enseñaron la importancia de la gratitud, la cual lleva a las personas a notar las cosas buenas que tienen en su vida. Por ello, al ver el resultado de este maravilloso proyecto, solamente se me ocurre una palabra: ¡Gracias!

En primer lugar, a Dios, quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, siendo mi luz y mi fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A mis padres, por todo su cariño y apoyo en el transcurso de este proceso. En general a mis familiares y amigos, quienes estuvieron a mi lado con sus consejos y buenos deseos. Y de manera especial a Puchunguito, por acompañarme siempre en cada etapa de mi vida.

Asimismo, agradezco a mi tutora Ing. Alexandra Barrera Álvarez por ser pieza fundamental en la realización de esta investigación, por confiar en mí y darme las directrices necesarias con acertada orientación, soporte y discusión crítica para culminar con éxito. Finalmente, agradezco a la Ing. Karla Cedeño por todo su apoyo e indicaciones brindadas hasta la finalización de este proyecto.

Gracias infinitas a ustedes y por su puesto a Dios por ponerlos en mi camino.

Dedicatoria.

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios, mi padre celestial. Ya que gracias a él he logrado concluir con éxito mi carrera.

“Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora: tiempo de nacer y tiempo de morir; tiempo de plantar y tiempo de arrancar lo plantado; tiempo de llorar y tiempo de reír; tiempo de lamentar y tiempo de gozar; tiempo de guerra y tiempo de paz”.

Eclesiastés 3:1

Resumen ejecutivo.

El estudio tuvo como objetivo determinar la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos. Se utilizó cuatro tratamientos establecidos con materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios), cartón reciclado proveniente de cubetas de huevos, estiércol de origen bovino, desechos del sector agrícola (cáscaras de plátano) y desechos de mercado (papas, zanahorias, hojas de choclo). Se evaluó el efecto del compost de residuos orgánicos en los parámetros productivos, parámetros reproductivos y la morfología de la *E. foetida*. Se realizó el análisis estadístico con InfoStat, y la prueba de rangos múltiples de Tukey para la determinación de la diferencia entre las medias. El efecto del compost de residuos orgánicos a base de estiércol bovino (T2) y desechos de mercado (T3) permitió alcanzar a los 45 días una ganancia de Biomasa de 11,91 g y 9,79 g; mientras el compost a base de 70% cáscaras de plátano + 20% materia orgánica semidegradada (presencia de micelios) + 10% cartón (T4) provocó la mayor densidad poblacional con 158 individuos; con 28,35% de degradación del sustrato y 0,99 kg de humus producido. Al cuantificar el efecto del compost de residuos orgánicos a base de cáscaras de plátano (T4) y de estiércol bovino (T2) se obtuvieron los mayores promedios para el total de cocones producidos con 229 y 197. Asimismo, el tratamiento con residuos de cáscara de plátano (T4) obtuvo el mayor porcentaje de fertilidad con un 100% y 3,00 lombrices nacidas por cocón. La caracterización morfométrica de la *E. foetida* alimentada a base del compost de estiércol bovino (T2) alcanzó los promedios de mayor relevancia estadística con 0,85 g de peso final y 9,20 centímetros de longitud final a los 60 días, ganando así 0,62 g y 4,75 cm durante los dos meses de investigación.

Palabras clave: biomasa, cocones, compost, longitud, materia orgánica.

Abstract.

The study aimed to determine the population dynamics of *Eisenia foetida* fed with organic waste composting. Four established treatments were used with semi-degraded organic matter (presence of mycelia), recycled cardboard from egg trays, bovine manure, waste from the agricultural sector (banana peels) and market waste (potatoes, carrots, corn leaves). The effect of organic waste compost on the productive parameters, reproductive parameters, and morphology of *E. foetida* was evaluated. Statistical analysis was performed with InfoStat, and Tukey's multiple range test to determine the difference between means. The effect of the compost of organic waste based on bovine manure (T2) and market waste (T3) allowed reaching 45 days with a Biomass gain of 11.91 g and 9.79 g; while the compost based on 70% banana peels + 20% semi-degraded organic matter (presence of mycelia) + 10% cardboard (T4) caused the highest population density with 158 individuals; with 28.35% degradation of the substrate and 0.99 kg of humus produced. When quantifying the effect of organic waste compost based on banana peels (T4) and bovine manure (T2), the highest averages were obtained for the total cocoons produced with 229 and 197. Likewise, the treatment with banana peel residues plantain (T4) obtained the highest percentage of fertility with 100% and 3.00 worms born per coconut. The morphometric characterization of *E. foetida* fed on bovine manure compost (T2) reached the most statistically relevant averages with 0.85 g of final weight and 9.20 centimeters of final length at 60 days, thus gaining 0.62 g and 4.75 cm during the two months of research.

Keywords: biomass, cocoons, compost, length, organic matter.

Tabla de contenido.

Contenido	Pág.
Declaración de autoría y cesión de derechos.	ii
Certificación de culminación de la Unidad de Integración Curricular.	iii
Certificación del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.	iv
Unidad de Integración Curricular	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen ejecutivo.....	viii
Abstract.....	ix
Código Dublin.....	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. General.....	7
1.3.2. Específicos.....	7
CAPÍTULO II.....	3
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1. Marco conceptual.....	9
2.2. Marco referencial.....	12
2.2.1. Características de la <i>Eisenia foetida</i>	13
2.2.2. Alimentación.....	14
2.2.3. Compost y precompost de residuos orgánicos.....	16
2.2.4. Comportamiento productivo y reproductivo de la <i>Eisenia foetida</i> alimentada con compostaje de residuos orgánicos.....	17

2.2.5. Caracterización morfométrica de la <i>Eisenia foetida</i> alimentada con compostaje de residuos orgánicos.	19
CAPÍTULO III.....	8
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	8
3.1. Localización.	21
3.1.1. Condiciones meteorológicas.....	21
3.2. Tipo de investigación.	21
3.3. Métodos de investigación.....	22
3.3.1. Método deductivo.	22
3.3.2. Método exploratorio.	22
3.3.3. Método de campo.	22
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	22
3.4.1. Fuentes primarias.....	22
3.4.2. Fuentes secundarias.	23
3.5. Diseño de la investigación.	23
3.5.1. Tratamientos y repeticiones.....	23
3.5.2. Modelo matemático.	24
3.6. Instrumentos de investigación.....	24
3.6.1. Procedimiento experimental.....	24
3.6.1.1. Preparación de tratamientos.....	24
3.6.1.2. Alimentación de lombrices.....	25
3.6.1.3. Selección de lombrices.	25
3.6.1.4. Siembra de lombrices.	25
3.6.2. Variables evaluadas.....	26
3.6.2.1. Parámetros productivos.	26
3.6.2.2. Parámetros reproductivos.	27
3.6.2.3. Morfometría.....	27
3.7. Tratamiento de los datos.	28
3.7.1. Esquema de distribución de los tratamientos.	28
3.8. Recursos humanos y materiales.	29
3.8.1. Recursos humanos.	29
3.8.2. Materiales.	29
3.8.3. Equipos.....	29

CAPÍTULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Resultados.	31
4.1.1. Parámetros físicoquímicos.....	31
4.1.2. Parámetros productivos.	33
4.1.3. Parámetros reproductivos.	35
4.1.4. Parámetros morfométricos.....	36
CAPÍTULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1. Conclusiones.	39
5.2. Recomendaciones.....	40
CAPÍTULO VI.....	41
BIBLIOGRAFÍA	41
6.1. Bibliografía	42
CAPÍTULO VII	50
ANEXOS	50
7.1. Anexos.....	51

Contenido de Tablas.

Contenido	Pág.
Tabla 1. Clasificación zoológica.....	13
Tabla 2. Composición de diferentes tipos de estiércol de origen bovino.	15
Tabla 3. Factores fisicoquímicos para el proceso de compostaje.	16
Tabla 4. Condiciones meteorológicas del cantón Quevedo.	21
Tabla 5. Distribución y descripción de los tratamientos.....	23
Tabla 6. Análisis de varianza (ADEVA) del diseño experimental DCA.....	24
Tabla 7. Parámetros físicoquímicos de los tratamientos en estudio, durante 60 días de investigación.	31
Tabla 8. Parámetros productivos de la <i>Eisenia foetida</i> bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.....	33
Tabla 9. Parámetros reproductivos de la <i>Eisenia foetida</i> bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.....	35
Tabla 10. Parámetros morfométricos de la <i>Eisenia foetida</i> bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.	36

Código Dublin.

Título:	“Dinámica poblacional de la <i>Eisenia foetida</i> alimentada con compostaje de residuos orgánicos, Quevedo 2022”				
Autor:	Guerrón Vera Nury Yadira				
Palabras clave:	Biomasa	cocones	compost	longitud	materia orgánica
Fecha de publicación	2022				
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).				
Resumen:	<p>Resumen. El estudio tuvo como objetivo determinar la dinámica poblacional de la <i>Eisenia foetida</i> alimentada con compostaje de residuos orgánicos. Se utilizó cuatro tratamientos establecidos con materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios), cartón reciclado proveniente de cubetas de huevos, estiércol de origen bovino, desechos del sector agrícola (cáscaras de plátano) y desechos de mercado (papas, zanahorias, hojas de choclo). Se evaluó el efecto del compost de residuos orgánicos en los parámetros productivos, parámetros reproductivos y la morfología de la <i>E. foetida</i>. Se realizó el análisis estadístico con InfoStat, y la prueba de rangos múltiples de Tukey para la determinación de la diferencia entre las medias. El efecto del compost de residuos orgánicos a base de estiércol bovino (T2) y desechos de mercado (T3) permitió alcanzar a los 45 días con una ganancia de Biomasa de 11,91 g y 9,79 g; mientras el compost a base de 70% cáscaras de plátano+20% materia orgánica semidegradada (presencia de micelios) +10% cartón (T4) provocó la mayor densidad poblacional con 158 individuos; con 28,35% de degradación del sustrato y 0,99 kg de humus producido. Al cuantificar el efecto del compost de residuos orgánicos a base de cáscaras de plátano (T4) y de estiércol bovino (T2) se obtuvieron los mayores promedios para el total de cocones producidos con 229 y 197. Asimismo, el tratamiento con residuos de cáscara de plátano (T4) obtuvo el mayor porcentaje de fertilidad con un 100% y 3,00 lombrices nacidas por cocón. La caracterización morfométrica de la <i>E. foetida</i> alimentada a base del compost de estiércol bovino (T2) alcanzó los promedios de mayor relevancia estadística con 0,85 g de peso final y 9,20 centímetros de longitud final a los 60 días, ganando así 0,62 g y 4,75 cm durante los dos meses de investigación.</p> <p>Palabras clave: biomasa, cocones, compost, longitud, materia orgánica.</p> <p>Abstract. The study aimed to determine the population dynamics of <i>Eisenia foetida</i> fed with organic waste composting. Four established treatments were used with semi-degraded organic matter (presence of mycelia), recycled cardboard from egg trays, bovine manure, waste from the agricultural sector (banana peels) and market waste (potatoes, carrots, corn leaves). The effect of organic waste compost on the productive parameters, reproductive parameters, and morphology of <i>E. foetida</i> was evaluated. Statistical analysis was performed with InfoStat, and Tukey's multiple range test to determine the difference between means. The effect of the compost of organic waste based on bovine manure (T2) and market waste (T3) allowed reaching 45 days with a Biomass gain of 11.91 g and 9.79 g; while the compost based on 70% banana peels + 20% semi-degraded organic matter (presence of mycelia) + 10% cardboard (T4) caused the highest population density with 158 individuals; with 28.35% degradation of the substrate and 0.99 kg of humus produced. When quantifying the effect of organic waste compost based on banana peels (T4) and bovine manure (T2), the highest averages were obtained for the total cocoons produced with 229 and 197. Likewise, the treatment with banana peel residues plantain (T4) obtained the highest percentage of fertility with 100% and 3.00 worms born per coconut. The morphometric characterization of <i>E. foetida</i> fed on bovine manure compost (T2) reached the most statistically relevant averages with 0.85 g of final weight and 9.20 centimeters of final length at 60 days, thus gaining 0.62 g and 4.75 cm during the two months of research.</p> <p>Keywords: biomass, cocons, compost, length, organic matter.</p>				
Descripción	69 hojas: dimensiones 21 x 29.7 cm + CD-ROM				
URI:					

Introducción.

Las lombrices de tierra conforman el grupo de animales del suelo mayormente conocidos, considerados como los ingenieros del ecosistema (1), que enérgicamente influyen en las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, brindando una modificación relacionada al aceleramiento de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes, produciendo efectos beneficiosos sobre las distintas comunidades vegetales (2).

Esta especie es fotofóbica, se alimenta en la noche, puede convertir en humus a los desechos orgánicos en pocas horas, expulsa el 60% de la materia orgánica después de la digestión, contiene cinco veces más nitrógeno, siete veces más potasio, además del doble de calcio y magnesio. La capacidad transformadora de la *E. foetida* ha sido medida en diferentes experimentos, habiéndose encontrado que, una población de 100.000 lombrices, que ocupa un área de 2 m² está en condiciones de producir 2 kg de humus por día (3,4).

En Ecuador, en el año 2019, se generó 4.9 millones de toneladas/año de residuos sólidos, donde el 58.47% son de tipo orgánico y el 41.53% inorgánico (5,6). En este sentido, el aprovechamiento eficiente de los residuos orgánicos representa múltiples beneficios, al disminuir la problemática que viven las poblaciones por el mal manejo de los desechos. Los residuos orgánicos recuperados se convierten en la materia prima para la producción por diferentes metodologías de abonos orgánicos y energía, contribuyendo de esa manera a la economía circular del país (5).

Una alternativa para el proceso de desperdicios orgánicos, que debe considerar proporciones de relación C/N, humedad y aireación adecuada, para estimular la actividad microbiana que modifica la estructura química y física de los materiales (3). Entre las técnicas más utilizadas se encuentran el compostaje tradicional, mezclando los materiales de forma manual o mecánica, y el vermicompostaje, añadiendo la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que provoca el mezclado y aireación constante de los materiales, además de aportar enzimas digestivas que influyen en la descomposición de la materia orgánica (7).

El número de lombrices puede ser considerable, más de diez millones por ha, que equivale a más de 2 toneladas de lombrices. Según la literatura, en las praderas hay más biomasa de lombrices que de vacas. Sus acciones sobre el suelo son de dos clases: mecánicas y químicas para transformar residuos orgánicos en abono orgánico (8), pero en este caso se propone el uso de la *E. foetida*. Para esto, se requiere asegurar la viabilidad de los anélidos en los aspectos específicos del proceso, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos en el cantón Quevedo.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

La falta de aprovechamiento de los residuos sólidos es uno de los problemas más complejos generados por los patrones de consumo y tamaño de la población, las condiciones socioeconómicas, entre otros aspectos. La población del Ecuador se ha incrementado produciendo una gran cantidad de residuos sólidos, en el sector urbano cada habitante produce en promedio 0,84 kg de residuos sólidos por día, existiendo desechos de manera diferenciada y no diferenciada (5).

Así también, existen los residuos sólidos generados por los patrones de producción, entre estos, los residuos orgánicos biodegradables como estiércoles, restos de las cosechas, forrajes, restos derivados de la preparación de alimentos, y otros, los cuales son insuficientemente aprovechados. Sin embargo, entre los tipos de residuos susceptibles a compostar están las ramas como producto de la poda de árboles y arbustos, pasto cortado, restos vegetales separados en los mercados, estiércoles de animales domésticos, restos de comida y de la preparación de alimentos en casas y restaurantes, restos de camales, especialmente el ruminal, lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales, entre otros (6).

En este contexto, es importante realizar el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos, transformarlos mediante compostaje, mezclados en proporciones tales que la relación C/N, humedad y aireación adecuada puedan estimular la actividad microbiana que modifica la estructura química y física de los materiales.

Entre las técnicas más utilizadas se encuentran el compostaje tradicional, donde los materiales se mezclan de forma manual o mecánica, y el vermicompostaje, añadiendo especies de anélidos, comúnmente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), que provocan el mezclado y aireación constante de los materiales, además de aportar enzimas digestivas que influyen en la descomposición de la materia orgánica.

Diagnóstico.

En el mercado del cantón Quevedo se encuentra gran cantidad de residuos orgánicos que pueden ser empleados en compostaje para alimentar lombrices de tierra, existiendo así otros lugares donde se realiza la cría de animales domésticos como ganado bovino, porcino y aves de corral, y no cuentan con un tratamiento adecuado para los desechos sólidos como las excretas, además, aquellos residuos que son derivados de las actividades agrícolas propias de la zona, como ocurre con las cáscaras de plátano.

Pronóstico.

El proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado y los tipos de sustratos empleados, además de aquellos parámetros que pueden afectar el crecimiento y reproducción de las lombrices. La determinación de la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos, en función de una determinada dieta alimenticia constituida por diferentes sustratos permitirá definir cuál es la más apropiada para alcanzar los resultados esperados de esta investigación, con base en la producción (kg), longitud (cm), peso (g) y cantidad de lombrices por cocón, duplicando así la población final en menor tiempo de lo estimado, considerando su ciclo biológico.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Los cambios en las características fisicoquímicas y nutricionales de la composta de residuos orgánicos durante el proceso de maduración permitirán la viabilidad y el incremento en la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida*?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿De qué manera la composta afecta los parámetros productivos de la *Eisenia foetida*?

¿De qué manera la composta afecta los parámetros reproductivos de la *Eisenia foetida*?

¿Cuál es la relación entre la composta y la morfometría de la *Eisenia foetida*?

1.2. Justificación.

El compostaje de residuos orgánicos es un proceso aerobio de transformación biológica que permite la degradación de la fracción orgánica, logrando su estabilidad, madurez y sanitización, produciendo la descomposición natural que existe en los ecosistemas, fortalecido con las condiciones de manejo para lograr acelerar el tiempo de proceso y productividad.

La cría intensiva de lombrices de tierra o lombricultura es una actividad de origen zootécnico, la cual se ha convertido en una herramienta eficaz para degradar cualquier tipo de residuo orgánico, disminuyendo de esta manera el impacto ambiental (9). Así, la utilización de residuos orgánicos habituales de la zona permite la alimentación de la *Eisenia foetida* y, por lo tanto, la determinación de su dinámica poblacional con relación a su comportamiento productivo, reproductivo y morfometría, considerando el tipo de alimento (sustrato) al que es expuesta.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos que se encuentran en gran cantidad en el cantón Quevedo busca alternativas viables, pues, el grado de descomposición de las sustancias orgánicas puede proporcionar información útil sobre el grado de estabilidad de los productos de compostaje y lombricomposta.

1.3. Objetivos.

1.3.1. General.

Determinar la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos.

1.3.2. Específicos.

- Valorar el efecto del compost de residuos orgánicos en los parámetros productivos de la *Eisenia foetida*.
- Cuantificar el efecto del compost de residuos orgánicos en los parámetros reproductivos de la *Eisenia foetida*.
- Caracterizar morfométricamente a la *Eisenia foetida* en función del compost de residuos orgánicos.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Biodegradación. – Proceso de descomposición de un producto o una sustancia de origen orgánico por la acción de los microorganismos, en cualquier estado (5).

Biodigestión. – Fermentación realizada por bacterias anaerobias sobre la materia orgánica (5).

Biomasa. – Fracción biodegradable de productos y desechos de la agricultura y silvicultura, incluyendo sustancias vegetales y animales, además residuos municipales e industriales (10).

Botadero de Residuos Sólidos. – Sitio donde se depositan los residuos sólidos, sin preparación previa y sin parámetros técnicos o mediante técnicas muy rudimentarias y en el que no se ejerce un control adecuado (5).

Clitellium (clitelo). – Espesamiento glandular de la pared del cuerpo de los anélidos oligoquetos que solo se desarrolla en la época reproductora (lombrices adultas) (11).

Comportamiento productivo. – Obedece a la genética, es decir, a la información contenida en el pedigrí y los marcadores moleculares, además del ambiente donde se desenvuelve cada especie, por lo tanto, gracias a la combinación de todos los genes es posible estimar cómo se comportará productivamente un animal (12).

Comportamiento reproductivo. – Desarrollo de la conducta sexual de machos y hembras de diferentes especies, en función del sistema de cría seleccionado. Las lombrices se reproducen a una mayor velocidad siempre y cuando se coloquen sobre los materiales requeridos para su óptimo desarrollo (13).

Compost. – Es el producto final del proceso de compostaje. Es la sustancia que se encuentra lista para ser aplicada en el suelo (3,5).

Compostaje. – Descomposición biológica de sustratos orgánicos, realizada por una población microbial en condiciones aerobias, generando un material estable y libre de patógenos que puede ser aplicado directamente al suelo (14).

Compostaje. – Biotécnica donde, a través del control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica, se produce abonos que luego son utilizados para mejorar las características del suelo (5,3).

Descomposición de materia orgánica. – Proceso natural clave en el funcionamiento de todos los ecosistemas, mediante una serie de fases de desintegración como la fragmentación del tamaño de las partículas y la estructuración celular (15).

Desechos. – Materiales que no son productos primarios (es decir, producidos para el mercado), a los que su productor no tiene ya más usos que dar en función de sus propios objetivos de producción, transformación o consumo, y que desea eliminar. Se pueden generar desechos durante la extracción de materias primas, durante la transformación de éstas en productos intermedios o finales, durante el consumo de productos finales y durante otras actividades humanas (5).

Dinámica poblacional. – Estudio de la composición de poblaciones de la misma especie (número de individuos, edad, sexo, etc.) y sus variaciones a lo largo del tiempo (16).

Estiércoles o excretas. – Es una descripción general de cualquier mezcla de heces, orines y desperdicios. La composición físico-química del estiércol varía dependiendo, entre otros factores, del tipo de ganado, de la dieta y de las condiciones bajo las cuales se produce el estiércol (5).

Fermentación. – Puede definirse como un proceso productor de energía en que los compuestos orgánicos actúan como donadores y receptores de electrones, en ausencia de aire (5).

Humus. – Materia orgánica descompuesta por microorganismos, de color marrón oscuro debido a la gran cantidad de carbono que contiene, que ha alcanzado la estabilidad y que es utilizada en la agricultura para enmendar el suelo (17).

Lombricultura. – Crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio, para obtener productos de importancia: lombricompost como fertilizante de uso agrícola, y la proteína (carne fresca o harina) como suplemento para raciones de animales domésticos (18).

Lombriz *Eisenia foetida*. – Anélido terrestre hermafrodita de color rojo oscuro, utilizado para el reciclaje y aprovechamiento de residuos orgánicos y excretas de animales domésticos, para la producción de humus y proteína animal (carne y harina) con la subsiguiente disminución de la contaminación medioambiental (19).

Materia orgánica. – Materia compuesta por átomos de carbono, hidrogeno y oxígeno, sintetizada por los seres vivos. Siendo la base principal de la agricultura orgánica (20).

Morfometría. – Análisis cuantitativo de las formas y características de los seres vivos, muy útil para la biología evolutiva, ya que permite analizar los cambios de forma de ciertos caracteres de los animales (21).

Residuo. – Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, que no presenta características de peligrosidad en base al código C.R.T.I.B., resultantes del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (5).

Residuos Agrícolas. – Desechos que quedan después de una cosecha o por una labor agrotécnica y están integrados por varios componentes: tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc., procedentes de diversas especies cultivadas (3).

Residuos Inorgánicos. – Incluye todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios y otros (3).

Residuos Orgánicos. – Todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos (22).

Residuos Orgánicos. – Se refiere a todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el “ciclo vital”, como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación o son producto de la explotación por el hombre de los recursos bióticos (3).

Residuos Sólidos Domiciliarios. – Son todos aquellos residuos sólidos generados en las actividades que se realizan en un domicilio particular como producto de las actividades domésticas como la cocina (5).

Residuos Sólidos Municipales. – Son todos aquellos residuos sólidos generados en las actividades que se realizan en un municipio como son los comercios, industrias, instituciones, eventos, y otros (5).

Residuos Sólidos Urbanos. – Hacen referencia, en términos generales, a los residuos generados por cualquier actividad en los centros urbanos y en sus zonas de influencia (5).

Tiempo de Compostaje (Tc). – Es el período de tiempo transcurrido desde la conformación de una parva o camellón hasta la obtención de Compost estable (6).

Unidades formadoras de colonias. – Unidades microbiológicas de crecimiento en cultivos bacteriológicos (5,3).

Vermicompost. – Producto de la descomposición de la materia orgánica realizado únicamente por la actividad de ciertas especies de lombrices, como la *Eisenia foetida*, pues facilita que el proceso se realice con mayor rapidez (23).

Vermicompostaje. – Proceso eco-tecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene vermicompost (24).

2.2. Marco referencial.

Las lombrices de tierra constituyen un recurso potencial de gran interés en la sostenibilidad de la agricultura (19), considerados como los “ingenieros del ecosistema” (1), son probablemente los organismos más importantes en los ecosistemas productivos debido a su influencia en la descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y el ciclado de nutrientes (25). De todas las especies de lombrices clasificadas hasta el momento, se emplea con mayor frecuencia en la lombricultura la roja californiana.

La lombricultura es una actividad alternativa en el sector agropecuario para la gestión de los residuos orgánicos, de crecimiento considerable a causa de grandes avances científicos en varias partes del mundo (24). Por ello existe gran variedad especies de lombrices destinadas a este fin, sin embargo, la más utilizada es la *Eisenia foetida* (Tabla 1), debido a su presencia en más del 80% de los criaderos del mundo (26).

Tabla 1. Clasificación zoológica.

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

Fuente: (27).

2.2.1. Características de la *Eisenia foetida*.

La *Eisenia foetida* es una especie de lombriz de tierra que pertenece a la familia de los anélidos, con cuerpo cilíndrico y anillado; su color va de blanco rosa hasta rojo oscuro cuando se encuentra en etapa adulta, pudiendo llegar a medir de 6 a 8 centímetros de largo y de 3 a 5 milímetros de diámetro (28). Su respiración es cutánea, es decir que respira a través de la epidermis, depositando el humus en 1/3 de su recorrido, por lo que su entorno debe ser adecuadamente húmedo, además de ser sensibles a la luz y los rayos ultravioleta (29).

Son animales hermafroditas, es decir que poseen tanto ovarios como testículos, siendo incapaces de autofecundarse, por lo que necesitan del acoplamiento de otra de su especie, al realizarse esto se produce un intercambio de espermatozoide quedando ambas lombrices fecundadas (29). Una vez fecundada cada individuo coloca un huevecillo de color amarillento de unos 2 milímetros, de donde saldrán un promedio de 2 lombrices por cocón, posterior a un periodo de incubación de 14 a 21 días, por ello, su buena reproducción dependerá del cuidado y alimentación que se le ofrezca (29).

Dichas lombrices ingieren diariamente el 100% de su peso en materia orgánica en descomposición, donde el 60% es excretado como abono orgánico y el otro 40% es asimilado convirtiéndose en biomasa de lombriz. Básicamente, una lombriz es 80% agua y 20% materia seca, además posee el 65% de proteína (29). Por ello, la *E. foetida* avanza excavando en el terreno a medida que se alimenta, depositando su excremento y de esta manera convirtiéndolo en uno mucho más fértil (28).

2.2.2. Alimentación.

Las lombrices de tierra se alimentan de restos orgánicos en descomposición, principalmente de partes muertas vegetales. Aceptan con gran voracidad todo tipo de desechos agropecuarios (excrementos, rastrojos de cultivos, residuos de hortalizas, frutas, malezas). Además de la utilización de desechos orgánicos derivados de las industrias, los mataderos, los mercados de las ciudades y residuos domésticos como frutas y verduras (30).

Pueden alimentarse de toda materia orgánica siempre que su pH no sea inferior a 6,5 ni superior a 8,5. Debido a que el pH en el alimento es el punto más delicado en la crianza de lombrices. Por este motivo, cada lombricultor deberá usar el tipo de alimento que le resulte más conveniente de acuerdo con la disponibilidad de la zona donde se encuentre (30).

Una de las claves en la lombricultura es entender cuáles son los alimentos que las lombrices de tierra pueden y no procesar. Por ello, cuando se utilizan alimentos que no están en su dieta puede resultar en una disminución de su población y dar inicio a la putrefacción de los residuos, generando olores indeseables y posibilitando infestaciones de moscas u otros enemigos. Por otro lado, manteniendo la línea de los alimentos permitidos se logrará transformar fácilmente muchos de los desechos orgánicos en fertilizantes naturales para beneficio del suelo (31).

Otro ingrediente fundamental para que las lombrices puedan alimentarse de una manera adecuada es el agua. Considerando un 70% para facilitar la ingestión del alimento y el deslizamiento a través del material. Un ambiente húmedo genera las condiciones ideales para que ellas puedan procesar el alimento, esto se logra regando periódicamente para mantener una condición de humedad sin llegar al grado de inundación, debido a que si el nivel de humedad no es el adecuado puede dar lugar a la muerte de las lombrices (31).

El agua es portador de elementos esenciales, por lo tanto, como requisito indispensable para un sustrato es que debe retener la suficiente cantidad de agua para cubrir con las necesidades requeridas, pero el drenaje de sus poros más grandes debe ser lo suficientemente rápido para permitir el reingreso del aire al sustrato en un lapso corto después de cada riego (32). Además, el tamaño de partícula del alimento ofrecido a las lombrices determina la densidad y porosidad del sustrato, teniendo una influencia directa sobre los volúmenes de aire y de la capacidad de retención de agua de los mismos (32).

Los estiércoles de origen animal han sido utilizados desde la antigüedad como mejoradores del suelo y estimulantes en la producción de cultivos, considerados como materiales orgánicos naturales y óptimos para el desarrollo de las lombrices de tierra (33). Los principales estiércoles empleados como sustratos para la alimentación de lombrices por lo general son provenientes de animales bovinos, equinos, porcinos, ovinos, aves de corral, cuyes y conejos (24).

Las características del estiércol vacuno (Tabla 2) dependen de varios factores, tales como la raza del animal, el tipo de alimentación, la edad, los medicamentos que se le aplican, el material usado como cama para recoger sus excrementos y también del sistema de producción en el que se encuentre (intensivo o extensivo), sin embargo, el intensivo es el que más cantidad de estiércol produce (34).

Tabla 2. Composición de diferentes tipos de estiércol de origen bovino.

Estiércol	MS	MO	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Purín de terneros (g/kg)	20	15	3.0	0.6	2.0
Purín de ganado vacuno (g/kg)	95	68	4.4	0.9	4.2

Fuente: (35).

Además del estiércol bovino, pueden utilizarse otros tipos de desechos de origen orgánico, como el cartón reciclado que puede ser obtenido de las cubetas de huevos. Al ser un producto procedente de la fibra de celulosa de madera se convierte en un alimento apto para las lombrices, debido a la duración de su degradación que es relativamente muy corta, resultando ser de esta manera un sustrato estable para la crianza y alimentación de las lombrices (36).

2.2.3. Compost y precompost de residuos orgánicos.

El compostaje es una técnica eficiente para la transformación de los residuos sólidos en abonos orgánicos de alto valor nutritivo, cuyas características físicas, químicas y biológicas influyen directamente en el mejoramiento del suelo. Por ello, el sustrato utilizado para alimentar a las lombrices deberá pasar por un periodo previo de compostaje, el cual es conocido como precompostaje (37).

El precompostaje implica una mayor disponibilidad de tiempo e insumos, por ello, se requiere establecer el tiempo de precompostaje adecuado para que los residuos orgánicos puedan emplearse como sustrato en la alimentación y producción de lombrices (37), reduciendo de esta manera la posibilidad de presentar problemas por calentamiento del sustrato, exceso de humedad, malos olores, presencia de plagas y acidificación concerniente a errores en la relación carbono-nitrógeno (38).

El proceso de compostaje consiste en la descomposición de desechos orgánicos por la acción de microorganismos (bacterias y hongos) en condiciones aeróbicas controladas, para la obtención de un producto final homogéneo denominado composta (37). Los factores predominantes para el desarrollo de este proceso se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores fisicoquímicos para el proceso de compostaje.

Característica	Valor
Humedad	40 – 60 %
Temperatura	35 – 65 °C
pH	5.5 – 8.5
Relación Carbono/Nitrógeno	C/N: 25-35/1
Tamaño de partícula	5 – 10 cm

Fuente: (39).

Los diferentes sustratos utilizados para la elaboración del compost están directamente relacionados con la actividad de donde se producen y pueden ser clasificados según su origen, ya sea agrícola, ganadero, forestal, urbano, entre otros. Por ello, la importancia de su origen se fundamenta en la relación directa con las características físicas y químicas del compost (40).

2.2.4. Comportamiento productivo y reproductivo de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos.

La *E. foetida* presenta características de longevidad, pues puede vivir aproximadamente 16 años en condiciones de no cautividad; prolificidad, pudiendo llegar a producir bajo ciertas condiciones hasta 1500 pequeñas lombrices por año. Desarrollando todo su ciclo biológico en un ambiente de no más de 30 centímetros de sustrato, además, por ser un excelente abono orgánico con riqueza en flora bacteriana prácticamente del 100% (41).

En la evaluación del comportamiento productivo y reproductivo de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos durante 60 días de alimentación con diferentes tipos de sustratos, la alimentación basada en 80% residuos de frutas y verduras + 10% hojarasca de cacao + 10% cartón, aumentó la biomasa en las lombrices. En cuanto a la madurez sexual de las lombrices en etapa sub-adulta, se alcanzó a los 21 días con presencia de clitelo desarrollado, sin diferencias significativas. Por ello, los tratamientos T1 y T2 produjeron una mayor cantidad de cocones a los 45 y 60 días (42).

La evaluación del comportamiento de la lombriz roja en dos ambientes controlados (Carpa Solar y Ambiente Natural), al emplear como sustratos dos tipos de residuos sólidos orgánicos: estiércol vacuno (EV) y restos de cocina (RC), presentó un mayor número de cocones producidos en el ambiente Carpa Solar. Sin embargo, la mayor tasa de crecimiento de lombrices no cliteladas también se evidenció en este tipo de ambiente, por ello, se produjo una menor tasa de mortalidad entre ambientes con 3.90% para EV y 88.64% con RC. Por su parte, el mayor número de lombrices cliteladas se produjo en el Ambiente Natural, y la mayor biomasa total de lombrices cliteladas se obtuvo en el sustrato restos de cocina, siendo para el ambiente Carpa Solar 7.89 g frente a 6,93 g en Ambiente Natural (43).

En un estudio donde se evaluó la influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana durante 60 días, con tres mezclas: T1 (rastrojo de frijol + estiércol de bovino), T2 (serrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche) y T3 (serrín + estiércol de bovino); se determinó que el T2 presentó las mejores características para la adaptación y reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus en función del contenido de nutrimentos (44).

Al realizar la crianza de lombrices rojas con diferentes sustratos de desarrollo biológico, implementando tres tipos de sustrato con uno de control, y considerando el empleo de heces de animales y restos de frutas, se determinó que el número de cocones de lombriz roja de tierra, se incrementó hasta seis cocones con 36 días (promedio 4.33 cocones/lombriz), siendo el tratamiento con estiércol de animales y cáscaras de frutas, donde hubo mayor presencia de cocones, en relación a los otros tratamientos en estudio. Registrándose de esta manera un mayor grado de asociación entre la longitud (mm) y la biomasa (g) de las lombrices (45).

La evaluación del periodo de maduración del estiércol bovino a los 9, 13, 17 y 21 días respectivamente, con relación al comportamiento productivo de lombrices rojas, evidenció que no existe efecto alguno sobre la producción, pero si sobre el peso total del humus producido. Por ello, es predecible a partir del análisis de regresión, que el aumento en el tiempo de maduración provoca un incremento significativo en la producción de humus (89.4%) (46).

Con la evaluación del efecto de catorce sustratos en los parámetros productivos y reproductivos de la lombriz roja, utilizando los tratamientos: estiércol de cuy (T1), estiércol de caprino (T2), estiércol de vacuno (T3), estiércol de porcino (T4), aserrín de madera blanda (T5), hojarasca de cacao (T6), aserrín + estiércol de cuy (T7), aserrín + estiércol de caprino (T8), aserrín + estiércol de porcino (T9), aserrín + estiércol vacuno (T10), hojarasca de cacao + estiércol de vacuno (T11), hojarasca de cacao + estiércol de porcino (T12), hojarasca de cacao + estiércol de caprino (T13), hojarasca de cacao + estiércol de cuy (T14); se determinó que el T7 obtuvo un incremento de la población de lombrices, número de cocones y biomasa; según el análisis físico-químico del humus producido, el sustrato con mejor calidad corresponde al T1 por su riqueza en materia orgánica y nitrógeno, siendo los tratamientos T4 y T5 los menos recomendados por su mínima influencia en la dinámica de las lombrices (47).

Al determinar la dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida*, alimentada con estiércol fresco y composteado, con base en cuatro tratamientos, se evidenció que, en los estiércoles frescos, en los primeros tres días las lombrices murieron. En el estiércol composteado de bovino se presentó mayor número de cocones, lombrices jóvenes y viabilidad de lombrices adultas, en comparación con el estiércol composteado de ovino que presentó menor número de cocones y ninguna lombriz joven, pero tuvo mayor viabilidad de lombrices adultas. Estos resultados indican que los estiércoles composteados son los mejores en cuanto a la dinámica poblacional de las lombrices, en comparación con los estiércoles frescos (16).

2.2.5. Caracterización morfométrica de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos.

La caracterización morfométrica de la *E. foetida* se fundamenta en el análisis de las proporciones medibles de su cuerpo, las cuales pueden ser influenciadas por el tipo de alimentación que reciban. Tal como se evidencia en un estudio realizado con sustratos orgánicos relacionados al crecimiento de la *Eisenia foetida* alimentada con dos tipos de estiércol, donde se demuestra que el tratamiento T1 (Estiércol Bovino Fermentado) a los 120 días, presentó la mayor densidad poblacional, mayor peso de lombriz y mayor promedio en longitud de lombriz (48).

Con la evaluación del efecto de cuatro sustratos alimenticios para la producción de *Eisenia foetida* y su lombrhumus en dos ambientes (cajas de madera en el suelo y fosas) de $1 \times 0.5 \times 0.3$ metros cada una; se determinó que las lombrices que fueron alimentadas en cajas tuvieron mayor tamaño, población y número de cocones (49).

Los valores encontrados al determinar los parámetros morfométricos de las lombrices rojas californianas bajo sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos, indicaron que el tratamiento T3 = 80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% tierra agrícola (hojarasca de cacao) + 10% cartón (cubetas de huevos), alcanzó a los 60 días de la investigación, un promedio correspondiente a 0.92 g y 8.05 centímetros de longitud (42).

Existe evidencia acerca de la utilización del estiércol de animales y restos de frutas y verduras, con respecto a su influencia en el crecimiento y desarrollo de la *E. foetida*, al demostrar que las lombrices alimentadas con estos sustratos tienden a presentar una mayor biomasa (50). Por todo lo anterior, es posible reafirmar que, el tipo de alimentación que se les brinde a las lombrices va a inferir de manera directa en su crecimiento y desarrollo biológico.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en el sector “Los Sauces”, parroquia El Guayacán, perteneciente al cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. Localizado geográficamente a 1°1'43.1" latitud sur y 79°27'48.7" longitud oeste. Con una superficie de 12 Km².

3.1.1. Condiciones meteorológicas.

Las condiciones meteorológicas donde se desarrolló la investigación se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones meteorológicas del cantón Quevedo.

Parámetros	Promedio
Temperatura	28 °C
Altitud	74 m.s.n.m
Humedad relativa	73%
Precipitación anual	2461 mm
Heliófila, hora/luz/año	3190
Zona ecológica	Bh-T
Topografía	Irregular

Fuente: (51).

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.

De carácter experimental y de campo, recopilando datos de la realidad y permitiendo la obtención de información directa en relación con el problema en estudio. Por ello, bajo la antes mencionada línea de investigación, se determinó la dinámica poblacional de la *Eisenia foetida* alimentada con compostaje de residuos orgánicos en el cantón Quevedo.

3.3. Métodos de investigación.

Para el desarrollo del presente proyecto investigativo se utilizaron los métodos que se describen a continuación:

3.3.1. Método deductivo.

Empleado para evaluar la capacidad de respuesta de la *E. foetida* con relación al tipo de sustrato utilizado para su alimentación, al considerar el compostaje de residuos orgánicos, permitiendo extraer conclusiones acertadas basándose en un tipo de razonamiento lógico.

3.3.2. Método exploratorio.

Es necesaria la aplicación del método exploratorio para el desarrollo de la investigación, por su utilidad para obtener información en el transcurso de la etapa experimental, identificando posibles comportamientos productivos y reproductivos de la *E. foetida*.

3.3.3. Método de campo.

La investigación se desarrolló en el Sector “Los Sauces” perteneciente al cantón Quevedo. Recopilando datos directamente de la realidad en el campo experimental, permitiendo la determinación de la relación causa-efecto de las variables sometidas a estudio.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes primarias.

La información primaria se consiguió mediante la técnica de observación directa en el lugar de origen de la investigación, al realizar el análisis de las variables relacionadas con la utilización de residuos orgánicos en compostaje para la alimentación de la *E. foetida* y la determinación de su dinámica poblacional.

3.4.2. Fuentes secundarias.

En el desarrollo de la investigación se utilizaron diversas fuentes para la recopilación de información, las cuales se encuentran presentes en el marco conceptual y referencial:

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

3.5. Diseño de la investigación.

3.5.1. Tratamientos y repeticiones.

Los tratamientos establecidos para el desarrollo de la investigación se describen de la siguiente manera: materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios), cartón reciclado proveniente de cubetas de huevos, estiércol de origen bovino, desechos del sector agrícola (cáscaras de plátano) y desechos de mercado (papas, zanahorias y hojas de choclo).

Tabla 5. Distribución y descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción del tratamiento	Repeticiones	UE	Total Lombriz
T1	90% materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios) + 10% cartón.	4	20	80
T2	70% estiércol bovino + 20% materia orgánica semidegradada (presencia de micelios) + 10% cartón.	4	20	80
T3	70% desechos de mercado + 20% materia orgánica semidegradada (presencia de micelios) + 10% cartón.	4	20	80
T4	70% cáscaras de plátano + 20% materia orgánica semidegradada (presencia de micelios) + 10% cartón.	4	20	80
Total				320

El diseño utilizado para llevar a cabo la investigación es un DCA (Diseño completamente al azar), constituido por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. De acuerdo con el diseño experimental planteado, se utiliza solo cuando la población y el error tolerado son muy pequeños (52).

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

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
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.

μ = es la media del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = es el error experimental de la unidad ij (53).

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Procedimiento experimental.

3.6.1.1. Preparación de tratamientos.

Se emplearon cuatro tratamientos, constituidos por diferentes tipos de residuos orgánicos disponibles en la zona. Se recolectó el estiércol bovino fresco en la ganadería de la Finca Experimental “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Posterior a esto, se le brindó un descanso de 3 semanas (54), de igual manera para los otros residuos orgánicos. Previo a la siembra de las lombrices fue necesario preparar los lechos, regulando el pH a 7, con una temperatura estable de 20 a 25 °C, todo esto para evitar la muerte de lombrices a consecuencia de altas temperaturas o por acidez de los sustratos (55).

Para el tratamiento de los residuos orgánicos de mercado (papas, zanahorias y hojas de choclo) y del sector agrícola (cáscaras de plátano) se realizó un corte de tamaño de partícula de 5 a 10 cm con el propósito de facilitar la ingesta adecuada por parte de las lombrices (39). Para su almacenamiento se emplearon recipientes plásticos (tachos) con un agujero pequeño en la parte inferior para permitir el drenaje de líquidos por la fermentación de los residuos orgánicos (42).

3.6.1.2. Alimentación de lombrices.

El plan de alimentación estuvo distribuido en los diferentes lechos según los sustratos empleados para cada tratamiento, constituido por dos etapas: al inicio se colocaron 2 kilogramos de sustrato (29), después de esto (a los 30 días), se colocó 1.5 kilogramos para el resto de la investigación (56). Cada tres días se realizó el riego en cada una de los lechos utilizando 200 mililitros de agua potable (45).

3.6.1.3. Selección de lombrices.

Para el desarrollo de la fase experimental se utilizaron 20 lombrices *Eisenia foetida* en etapa subadulta en cada una de los lechos (total de 320 lombrices evaluadas). Para la adecuada selección se verificó que las lombrices no presenten clitelo, al ser este es un determinante de su madurez sexual (57).

3.6.1.4. Siembra de lombrices.

Previo a la siembra de las lombrices en los lechos y el contacto directo con el alimento (sustrato) se debe confirmar que la fermentación del material orgánico haya concluido, por lo tanto, es importante realizar una prueba de supervivencia (58), la cual consiste en colocar en un recipiente de ensayo una capa del alimento a ser utilizado en el lecho, regarlo con agua potable y colocar un número determinado de lombrices en la parte central.

Básicamente, las lombrices deben introducirse solas y tratar de descubrir si el ambiente al que son expuestas es el adecuado para garantizar su permanencia. Si al transcurrir 24 horas el total de lombrices introducidas al inicio se encuentra en buen estado es recomendable continuar con el proceso (58).

3.6.2. Variables evaluadas.

3.6.2.1. Parámetros productivos.

- **Densidad poblacional.** – Se realizó el conteo de cada uno de los individuos presentes en las unidades experimentales, al inicio (0 días) y finalización del experimento (60 días).
- **Tasa de crecimiento.** – Se consideró el peso individual de las lombrices registrado a los 0, 45, 60 días del experimento (expresado en porcentajes), mediante el empleo de la siguiente fórmula (59):

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

- **Biomasa final de lombrices.** – Se determinó considerando el número de lombrices *Eisenia foetida* sembradas al inicio de la investigación (20 lombrices en etapa subadulta), registrando el peso promedio del grupo de lombrices de cada lecho o repetición y el peso en gramos totales de cada uno de los recipientes (42).

$$Biomasa\ final\ de\ lombrices\ (g) = (peso\ final - peso\ inicial)$$

- **Producción de humus.** – Al concluir la investigación (a los 60 días), con el empleo de una balanza digital se pesó la cantidad de humus (Kg) obtenido en cada lecho, mediante la separación de impurezas (zarandeo).
- **Degradación de sustrato.** – Se consideró el total de kilogramos del sustrato suministrado con relación a la cantidad de humus zarandeado (29).

$$Degradación\ de\ sustrato\ (\%) = \left(\frac{kg\ humus}{kg\ sustrato\ inicial} \right) * 100$$

3.6.2.2. Parámetros reproductivos.

En una población de lombrices pueden distinguirse cuatro estadios o edades ecológicas: cocones (capullos), juveniles (lombrices transparentes o con pigmento rojo insuficiente), subadultas (bien pigmentados pero carentes de clitelo) y adultas (poseen clitelo) (60). La aparición del clitelo determina la madurez efectiva de las lombrices en torno a 0,25 gramos de peso y 2,5 a 3,0 centímetros de longitud (57).

- **Producción de cocones.** – Como producto de la reproducción sexual se generan los huevos o cocones (color amarillo verdoso de 2 a 5 mm de diámetro) (61). Para determinar el número de cocones de *E. foetida* se realizó dos conteos (cocones nuevos, maduros y eclosionados), el primero a los 45 días de haber establecido el experimento y el segundo a los 60 días cuando culminó.
- **Fertilidad (%).** – Se recolectaron los cocones de cada uno de los lechos, clasificándolos según su color, consistencia y tamaño para su posterior incubación.
- **Número de lombrices nacidas / cocón.** – De cada repetición se seleccionaron tres cocones al azar, colocándolos en vasos plásticos (uno en cada vaso: a,b,c), añadiendo 5 gramos del mismo sustrato (43), con la finalidad de que se produzca el proceso de incubación y evitar la fuga de las lombrices recién nacidas, realizando revisiones a los 14 y 21 días (56).

3.6.2.3. Morfometría.

Para caracterizar morfométricamente a la *Eisenia foetida* se consideró:

- **Peso de lombriz (g).** – Las lombrices evaluadas fueron pesadas en una balanza gramera de manera individual al inicio del experimento y luego a los 45 y 60 días (54). Se realizó la separación manualmente, lavando las lombrices con agua potable y ubicándolas en un recipiente ligeramente húmedo, es recomendable que antes de realizar la toma del peso se coloque unos segundos cada lombriz sobre un trozo de papel absorbente con la finalidad de que se genere un rápido secado del agua de lavado (43).

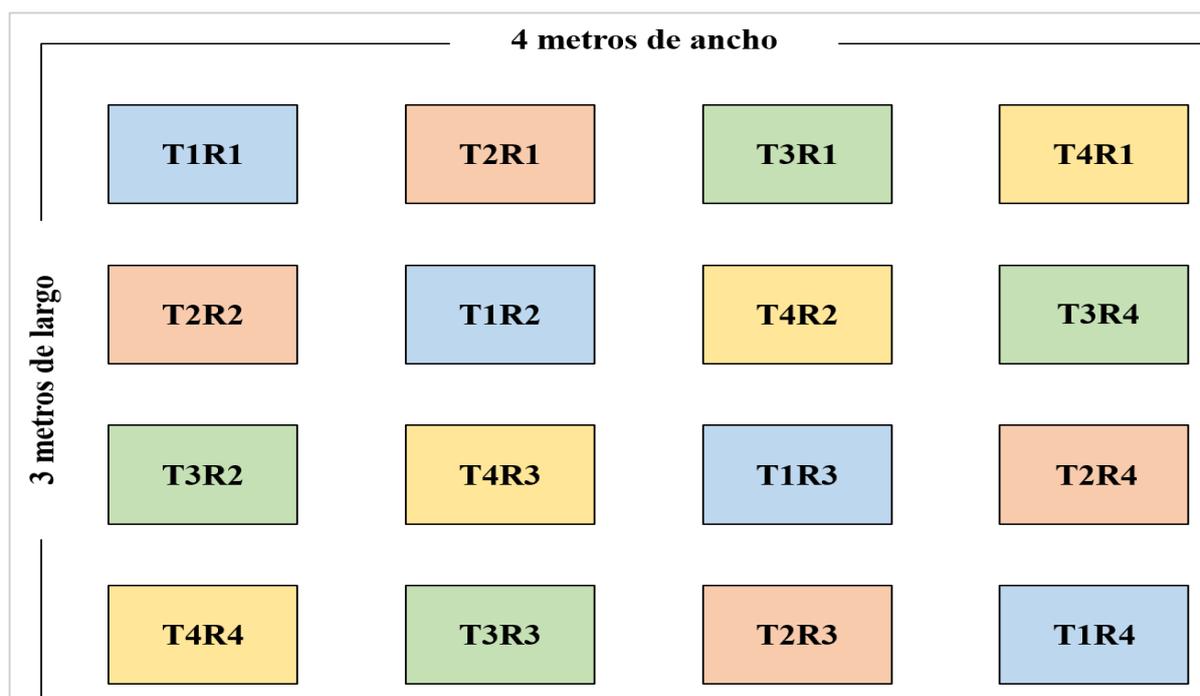
- **Longitud de lombriz (cm).** – Previo a la toma de la medida de longitud de las lombrices, se realizó el pesaje de estas (clasificándolas según su estadio o edad fisiológica), para lo cual fue necesario el empleo de reglas plásticas de 30 centímetros.
- **Longitud de cocón (mm).** – La medición de cocones se llevó a cabo mediante la utilización de un instrumento comúnmente denominado Calibre o Pie de Rey.

3.7. Tratamiento de los datos.

Se realizó un análisis estadístico ADEVA por medio del empleo de hojas de cálculo de Microsoft Excel con la finalidad de registrar y tabular los datos obtenidos a lo largo de la investigación; además, se utilizó el Software estadístico InfoStat, y la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$) para la determinación de la diferencia entre las medias.

3.7.1. Esquema de distribución de los tratamientos.

En la Tabla 6 se describen los tratamientos utilizados en la investigación, los cuales fueron ubicados en 12 m². Implementando un espacio de separación entre repeticiones de 50 cm, quedando distribuidas de la siguiente manera:



3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

Tutora de la Unidad de Integración Curricular: Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez.

Estudiante y autora de la Unidad de Integración Curricular: Nury Yadira Guerrón Vera.

3.8.2. Materiales.

- 320 lombrices *E. foetida* en etapa subadulta.
- Residuos orgánicos (sustratos).
- 16 canecas plásticas de 20 litros (dimensiones: 38cm x 24cm x 24cm).
- 4 mesas de madera.
- Malla plástica.
- Manguera delgada.
- 16 botellas plásticas.
- Recipientes plásticos.
- Regadera plástica.
- Vasos plásticos.
- Papel absorbente.
- Reglas plásticas (30 cm).
- Fundas plásticas.
- Cinta adhesiva.

3.8.3. Equipos.

- Balanza Analítica Alta Precisión (0.01 – 600 g).
- Balanza Gramera Digital (1 – 7000 g).
- pH-metro y Termómetro digital.
- Lupa lente de aumento manual.
- Calibre (Pie de Rey).
- Computador.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Parámetros físicoquímicos.

Los parámetros físicoquímicos de los cuatro tratamientos evaluados presentaron valores diferenciales ($p < 0,05$) en las variables de pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad (%), siendo los tratamientos T1 (90% materia orgánica semidegradada “MOS” + 10% cartón), T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS + 10% cartón) con igual valor (7,00) de pH, a excepción del tratamiento T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS + 10% cartón) que obtuvo el menor valor con 6,47 durante los 60 días de investigación (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros físicoquímicos de los tratamientos en estudio, durante 60 días de investigación.

Parámetros físicoquímicos	Tratamientos				p-valor	CV	EEM
	T1	T2	T3	T4			
pH	7,00 a	7,00 a	6,47 b	7,00 a	<0,0001	0,13	0,43
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	24,63 d	25,25 b	25,06 c	25,38 a	<0,0001	1,90	0,01
Humedad %	71,49 d	79,22 a	73,75 c	76,56 b	<0,0001	0,96	0,36

T1 (90% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

De acuerdo con la literatura publicada (62), el rango de pH en el proceso de compost con lombrices *E. foetida* va de 5,5 a 8,5. En este sentido, los tratamientos valorados en el presente estudio obtuvieron pH de 7, consiguiendo mayor respuesta reproductiva en el T1 (90% MOS + 10% cartón), T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS + 10% cartón), sin embargo, el tratamiento con un pH ligeramente ácido (6.47) fue el que contenía desechos de mercado con cáscaras de papa, zanahoria y hojas de choclo (T3), similar a lo reportado por otros investigadores al utilizar residuos de cocina como sustrato (63). Por lo anterior, cuando se utilizan alimentos que no están permitidos en la dieta de las lombrices, puede resultar en una disminución de su población y dar inicio a la putrefacción de los residuos, generando olores indeseables y posibilitando infestaciones de moscas u otros enemigos como hormigas (31).

Mientras que Canales et al. (45) mencionan en su estudio que con promedio de pH con tendencia a la alcalinidad (8,63) obtuvieron incrementos de cocones hasta 6 huevos en 36 días con promedios de 4,33 cocones en el tratamiento a base de 50% estiércol de caballo, oveja, vaca; 50% cáscaras de tuna, sandía y plátano.

Por otro lado, la temperatura de los sustratos evaluados se encuentra en un rango normal de 20 a 25 °C, lo cual es ideal para el condicionamiento de la *E. foetida*. Considerando lo anterior, cuando existe variaciones de temperaturas es debido a la actividad metabólica microbiana, pues, cuando alcanzan temperaturas altas en la pila, los microorganismos consumen material orgánico rico en proteína aprovechando las cortezas más sensibles para ellos (64). Asimismo, cuando el sustrato contiene cartón no llega a sobrepasar los 40 °C, debido al elevado contenido de celulosa y por la rapidez de su degradación, manteniéndose en la fase mesófila, donde las bacterias se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables (65).

Incluso el comportamiento climático del lecho influye, así, temperaturas que oscilan entre 15 a 30 °C incrementan la puesta de cocones por semana de 1,8 hasta 3,8 (66); mientras, otro estudio publica que las condiciones ambientales con temperaturas de 24 a 34 °C ocasionan un promedio de 5 cocones por semana; valores que están asociados con el presente experimento, al obtener promedios con temperaturas desde 24,63 hasta 25,38 °C y una producción de cocones por semana de 3,18 hasta 6,16. Esto es: T1 (24,63°C=4,72); T2 (25,25°C=3,18); T3 (25,06°C=4,31); T4 (25,38°C=6,16), lo que indica que los factores ambientales y el tipo de sustrato suministrado son determinantes en la reproducción de las lombrices (67).

Con respecto a la humedad, los sustratos obtuvieron diferencias entre tratamientos, con el mayor grado en el T2 (79,22%) seguido del T4 (76,56%), y los T3 y T1 presentaron el menor porcentaje de humedad (Tabla 7). Valores aproximados a los resultados obtenidos por Ferruzzi (68) y Barbado (69) con una humedad relativa general de 81% y mínimos de 77-89% en diferentes meses del año. Cabe indicar que la temperatura está en asocio con la humedad para un adecuado desarrollo de las lombrices *E. foetida*, pues, permite un ritmo eficiente de alimentación y una excelente capacidad para reproducirse (70); por lo tanto, los tratamientos con mayor humedad y temperatura rindieron mayor número de cocones; T2=229 y T4=197, sin embargo, la mayor densidad poblacional de lombrices juveniles lo obtuvo el T4=136 por la mayor cantidad de lombrices (tres) por cocón (Tabla 9). Empero, si la humedad está por debajo del 60% las *E. foetida* empiezan a sufrir estrés (70).

4.1.2. Parámetros productivos.

Los parámetros productivos de la *E. foetida* evaluados en cuatro tratamientos a base de compost de residuos orgánicos con diferentes sustratos; T1 (90% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón), fueron significativos. La variable biomasa a los 45 y 60 días de edad provocó aumento de peso en el tratamiento T2 (15,72 y 16,30 g). La tasa de crecimiento (3,61%) fue relevante a los 45 días, mientras, a los 60 días los individuos de cada tratamiento fueron similares (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros productivos de la *Eisenia foetida* bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.

Parámetros productivos	Tratamientos				p-valor	CV	EE M
	T1	T2	T3	T4			
Producción de Biomasa							
Peso inicial (g)	4,56 a	4,39 a	4,51 a	4,30 a	0,3521	4,89	0,11
Peso 45 días (g)	10,29 c	15,72 a	14,23 ab	11,54 bc	0,0015	13,39	0,79
Peso 60 días (g)	10,62 c	16,30 a	14,29 ab	11,91 bc	0,0005	10,72	0,71
Biomasa ganada (g)	6,07 c	11,91 a	9,79 ab	7,62 bc	0,0005	16,46	0,73
Tasa de crecimiento							
Crecimiento 45 días (%)	2,68 c	3,61 a	3,21 ab	2,88 bc	0,0004	7,17	0,11
Crecimiento 60 días (%)	0,03 a	0,04 a	0,01 a	0,06 a	0,5683	34,56	0,02
Densidad poblacional							
Juveniles	21,00 b	42,00 b	28,00 b	136,00 a	<0,0001	30,55	11,50
Población total	42,00 b	63,00 b	49,00 b	158,00 a	<0,0001	29,63	11,52
Producción de humus							
Sustrato suministrado (Kg)	3,50	3,50	3,50	3,50	--	--	--
Total de humus (Kg)	0,41 c	0,61 b	0,42 c	0,99 a	<0,0001	7,41	0,02
Degradación de sustrato (%)	11,73 c	17,44 b	12,06 c	28,35 a	<0,0001	7,41	0,64

T1 (90% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En la biomasa ganada, las lombrices lograron mayores pesos en el tratamiento T2 con registro promedio más alto (11,91 g), seguido del T3 (9,79 g) a los 60 días (Tabla 8). Similares comportamientos se evidenciaron a los 63 días con frecuencias de alimentación a los 42 días, con un aumento en la biomasa individual de las lombrices, sin embargo, cuando aplican más alimento, las curvas de biomasa individual tienen una tendencia disminuida de peso (71).

Empero, el consumo depende de la edad de las lombrices y del tiempo de estancia, en el presente experimento hasta los 60 días de estudio tuvieron 3,5 kg de alimento en todos los tratamientos, obteniendo 28,35% de degradación de sustrato en el T4, seguido del T2 con 17,44%; mientras otros experimentos reportan más del 50% de sustratos descompuestos en 75 días; 90% en 90 días y mayor a 95% culminando los 120 días de experimento (19). Esta diferencia del porcentaje de descomposición puede deberse a la cantidad de lombrices, edad, tipo de manejo y alimentación que consumen en un determinado tiempo, con estas consideraciones es posible que del 100% de sustrato consumido, el 60% se convierte en vermicompost y el 40% es aprovechado como alimento (68,8,69). Dicho de otra manera, para ejemplificar, una compostización puede estar organizada en una producción de 1 m² con unas 50.000 lombrices de las cuales unas 20.000 a 25.000 son adultas y consumen promedio de 0.5 g diarios de alimentos del cual expulsan 0.3 g en forma de humus, el cual a su vez es procesado por las lombrices medianamente adultas, las pequeñas y las recién nacidas, es el progreso en un lombricario (8).

En cuanto a la densidad poblacional para los juveniles, fue considerablemente mayor en el tratamiento T4 (136 individuos), obteniendo una población total de 158 individuos a los 60 días de investigación; con una relación directa en la degradación de sustrato (28,35%) y producción de humus (0,99 kg). Sin embargo, el tratamiento T1 obtuvo la menor cantidad de lombrices (21,00).

Se aprecia que el ritmo de crecimiento de las lombrices decae considerablemente a los 60 días de investigación (Tabla 8), pues una vez que alcanzan la madurez sexual, el crecimiento es muy bajo. Lo anterior puede estar relacionado con que, al iniciar la etapa de eclosión aumenta la densidad poblacional, y de esta manera aumenta también la demanda de alimento y de espacio, razón por la cual las lombrices adultas se dispersan y esto causa mayor dificultad para el encuentro y apareamiento, ocasionando temporalmente un descenso poblacional (72).

4.1.3. Parámetros reproductivos.

Los parámetros reproductivos de la *Eisenia foetida* en etapa subadulta tuvieron cambios fisiológicos en las cinco semanas de evaluación, con incrementos ascendentes, alcanzando el mayor promedio de madurez sexual a la quinta semana, donde todas las lombrices se hicieron adultas, sin diferencias en los tratamientos (Tabla 9). El número de cocones totales producidos en los cuatro tratamientos tuvo diferencias ($p < 0.05$) evidenciándose mayor generación de huevos en el T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) con un promedio de 229,00 cocones, seguido del T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) con 197,00 cocones. Sin embargo, las variables de nacimiento de lombricillas registrado a los 14 días de incubación indican que el tratamiento T4 obtuvo el mayor promedio con 3,33 lombricillas por cocón, favoreciendo la dinámica porcentual de fertilidad en un 100%, siendo congruente con la densidad poblacional en juveniles (136,00) y totales (158,00) (Tabla 8).

Tabla 9. Parámetros reproductivos de la *Eisenia foetida* bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.

Parámetros reproductivos	Tratamientos				p-valor	CV	EM M
	T1	T2	T3	T4			
Cambios fisiológicos (madurez sexual)							
Valores promedios							
Semana 1	2,25 a	2,25 a	2,50 a	2,75 a	0,6741	24,14	0,33
Semana 2	5,50 a	5,25 a	5,50 a	5,75 a	0,9289	19,28	0,53
Semana 3	10,00 a	9,75 a	10,00 a	10,25 a	0,9760	15,68	0,78
Semana 4	16,00 a	15,75 a	16,00 a	16,25 a	0,9660	9,80	0,78
Semana 5	19,75 a	19,55 a	20,00 a	19,75 a	>0,9999	2,53	0,25
Produc. de cocones							
N° cocones total	151,00 b	229,00 a	138,00 b	197,00 ab	0,0172	20,99	18,74
Nacimiento 14 días	0,67 b	0,92 b	0,33 b	3,33 a	0,0002	33,19	0,35
Nacimiento 21 días	0,75 a	0,67 a	0,75 a	0,00 a	0,4845	43,94	0,39
Fertilidad (%)	83,50 ab	50,00 b	50,00 b	100,00 a	0,0023	23,75	8,42
N° lombrices/cocón	1,00 b	2,00 b	1,00 b	3,00 a	0,0003	29,03	0,27

T1 (90% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Cabe indicar, que los tratamientos estudiados tuvieron diferente número de cocones/semana, destacando el T4 (6,16), seguido por los tratamientos T1 (4,72); T3 (4,31) y T2 (3,18). Estos resultados coinciden con los reportados por Hernández *et al* (67) y Velásquez (73) quienes mencionan que la *E. foetida* eclosiona de 1-4 lombrices y justifica que es variable entre 1-7 cocones con fertilidad promedio de 3-4. Asimismo, Canales *et al.* (45) y Barbado (69) mencionan que el número de cocones de *E. foetida* se incrementó hasta 6 cocones en 36 días con promedios de 4,33 cocones en el tratamiento con 50% de estiércol de caballo, oveja, vaca; 50% de cáscara de tuna, sandía y plátano; con pH con tendencia a la alcalinidad de 7,90 a 8,63.

4.1.4. Parámetros morfométricos.

En relación con los parámetros morfométricos se encontró similitud con los parámetros productivos en función a la biomasa, a los 45 y 60 días ($p < 0,05$) fue notorio observar que el tratamiento T2 superó estadísticamente a los demás tratamientos con 0,84 y 0,85 gramos, respectivamente, registrando un peso individual ganado de 0,62 gramos. Mientras, el tratamiento control T1 expresó los más bajos promedios para dichas variables (Tabla 10).

Tabla 10. Parámetros morfométricos de la *Eisenia foetida* bajo el efecto del compost de residuos orgánicos, Quevedo 2022.

Parámetros morfométricos	Tratamientos				p-valor	CV	EMM
	T1	T2	T3	T4			
Peso de lombriz (g)							
Individual inicial	0,24 a	0,23 a	0,24 a	0,24 a	0,6976	19,07	0,48
A los 45 días	0,52 c	0,84 a	0,67 b	0,57 c	<0,0001	20,42	88,26
A los 60 días	0,53 d	0,85 a	0,68 b	0,58 c	<0,0001	19,12	0,01
Peso ganado	0,29 d	0,62 a	0,44 b	0,34 c	<0,0001	30,33	0,01
Longitud de lombriz (cm)							
Individual inicial	4,56 ab	4,46 ab	4,61 a	4,28 b	0,0183	15,94	3,39
A los 45 días	6,47 b	7,78 a	6,66 b	6,35 b	<0,0001	11,87	52,37
A los 60 días	7,35 d	9,20 a	8,51 b	7,88 c	<0,0001	14,61	0,13
Longitud ganada	2,79 c	4,75 a	3,90 b	3,59 b	<0,0001	36,12	0,15
Longitud de cocón (mm)	0,37 b	0,47 a	0,36 b	0,44 a	0,0009	7,57	0,02

T1 (90% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón); T3 (70% desechos de mercado + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) y T4 (70% cáscaras de plátano + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La longitud de las lombrices evaluadas a los 45 días presentó efecto en los tratamientos, siendo T2 (70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón) con 7,78 cm superior a los demás tratamientos valorados que presentaron medias estadísticamente similares. Asimismo, a los 60 días se encontró que el tratamiento T2 superó a los demás tratamientos con 9,20 cm y 4,75 cm de longitud ganada al finalizar la investigación. En referencia a la longitud registrada para los cocones evaluados, los tratamientos T2 (0,47 mm) y T4 (0,44 mm) presentan mayor tamaño que los otros tratamientos ($p < 0.05$), no obstante, el número de lombrices nacidas por cocón a los 14 y 21 días no tiene relación con el tamaño de los cocones.

Resultados publicados por Sánchez (27) exponen que en el estudio de 60 días de evaluación, los parámetros morfométricos tuvieron relevancia en el tratamiento a base de 80% residuos caseros (frutas y verduras) + 10% de tierra agrícola (hojarasca) + 10% cartón, con promedio de 0,92 g y 8,05 cm de longitud, estos valores difieren a los obtenidos en el presente estudio (T2 = 70% estiércol bovino + 20% MOS (presencia de micelios) + 10% cartón con 0,85 g y 9,2 cm) y superiores a lo reportado por Saltos (74), que empleando 80% estiércol vacuno y 20% residuos orgánicos de mercado de fruta, obtuvo el mayor peso de 0,694 g y 5,94 cm.

Por consiguiente, la variable longitud en un estudio (45) obtuvieron similares resultados a los tratamientos de esta investigación cuando se utilizó cartón (T1) combinado con cáscara de plátano (T4), pues utilizaron diferentes productos orgánicos: 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 + 2 kg de tierra agrícola; T3= T1 + 50% T2 + 2 kg de tierra agrícola; logrando una longitud promedio de 7,37 cm. Esto indica que la alimentación de las lombrices influye de manera directa en su crecimiento y desarrollo biológico (75).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

En relación con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- El efecto del compost de residuos orgánicos a base de estiércol bovino (T2) y desechos de mercado (T3) permitió alcanzar a los 45 días una ganancia de Biomasa de 11,91 g y 9,79 g respectivamente; mientras el compost a base de 70% cáscaras de plátano + 20% materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios) + 10% cartón (T4) provocó la mayor densidad poblacional con 158 individuos; con 28,35% de degradación del sustrato y 0,99 kg de humus producido, es decir, que gracias a la naturaleza del residuo orgánico, los tratamientos T2, T3 y T4 permiten a la *Eisenia foetida* estandarizar su producción.
- Al cuantificar el efecto del compost de residuos orgánicos a base de cáscaras de plátano (T4) y de estiércol bovino (T2) se obtuvieron los mayores promedios para el total de cocones producidos con 229 y 197 respectivamente. Asimismo, el tratamiento con residuos de cáscara de plátano (T4) obtuvo el mayor porcentaje de fertilidad con un 100% y 3,00 lombrices nacidas por cocón.
- La caracterización morfométrica de la *Eisenia foetida* alimentada a base del compost de estiércol bovino (T2) alcanzó los promedios de mayor relevancia estadística con 0,85 g de peso final y 9,20 centímetros de longitud final a los 60 días, ganando así 0,62 g y 4,75 cm durante los dos meses de investigación.

5.2. Recomendaciones.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Utilizar nuevos residuos orgánicos a base de desperdicios de frutas, hortalizas, cáscaras de cacao, entre otros, para medir el porcentaje de degradación de esta en relación con el tamaño de partícula aplicando solo un 50% de residuo y un 50% de materia orgánica semidegradada “MOS” (presencia de micelios).
- Es necesario conocer el porcentaje de materia orgánica con presencia de micelios que tiene el sustrato por medio de un análisis de laboratorio, con la finalidad de determinar la influencia del tipo de sustrato en el incremento de cocones y biomasa de la *Eisenia foetida*.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Ortíz-Gamino D, Ortíz-Ceballos Á. Belleza extravagante y funcionalidad: Lombrices de tierra. Biodiversitas. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. 2018;(138): p. 12-16.
2. Domínguez J, Aira M, Gómez-Brandón M. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. 2009; 18(2): p. 20-31.
3. Castillo H, Hernández A, Domínguez D, Ojeda D. Effect of californian re worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. Chileanjar. 2010; 70(3): p. 465-473.
4. Díaz E. Guía de lombricultura para emprendedores y productores del agro. Lombricultura una alternativa de producción. Primera ed. Rioja L, editor. Argentina: ADEX; 2002.
5. Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. Primera Edición. Manual. Quito-Ecuador: Unión Europea, AEISA ACRA. ISBN 978-9942-8846-0-2.
6. INEC. Boletín técnico N.2-2019-GAD Municipales. Boletín Técnico. Quito-Ecuador: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, Dirección de estadísticas Agropecuarias y Ambientales.s/n.
7. Santamaría-Romero S, Ferrera C, Almaraz S, Galvis S, Barois B. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia. 2001; 35: p. 377-384.
8. Bravo V. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Curso Teorico Práctico de lombricultura. Revista Procampo. 1996;(27): p. 103.
9. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Manual Cría de la lombriz de tierra: una alternativa ecológica y rentable. Primera Edición ed. Ramírez-Aza M, editor. Bogotá: San Pablo; 2005.

10. Cerdá E. Energía obtenida a partir de biomasa. Revista Cuadernos económicos de ICE. 2018; 1(83): p. 117-140.
11. Moreno A, Mischis C, Teisaire E. Taxonomía de Oligoquetos Anatomía externa. Informe Técnico. Universidad Complutense de Madrid; 2002.
12. Burgos W. Genética y ambiente predicen el comportamiento productivo del animal. Informe Técnico; 2020.
13. Paoletti M. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agriculture, Ecosystems & Environment. 1999; 74(1): p. 137-155.
14. Haug RT. The Practical Handbook of Compost Engineering. 1st ed.: CRC Press; 1993.
15. Álvarez S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. Revista Ecosistemas. 2005; 14(2): p. 17-29.
16. Gutiérrez E, Juárez A, Mondragón A, Rojas AL. Dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2007; VIII(7): p. 1-8.
17. Román P, Martínez M, Pantoja A. Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Producto informativo. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
18. INCAP. Lombricultura. Documento Informativo. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), Gerencia Técnica. Dirección de Generación de Tecnología. ISBN 99926-37-50-1.
19. Paco G, 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.
20. Julca-Otiniano A, Meneses-Florián L, Blas-Sevillano R, Bello S. La materia orgánica, importancia y experiencias de uso en la agricultura. IDESIA. 2006; 24(1): p. 49-61.

21. Toro M, Manriquez G, Suazo I. Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology*. 2010; 28(4): p. 977-990.
22. CCA. Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte. Informe sintético. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental. ISBN: 978-2-89700-232-9.
23. Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes. Manual Básico para hacer Vermicompost. Manual. Madrid, España.; Delegación de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad.
24. Villegas-Cornelio V, Laines J. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017; 8(2): p. 393-406.
25. DICYT. Lombriz de tierra: una clave de la producción agrícola. Plan Nacional de Investigación Científica. Región Pampeana Argentina: Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Río Cuarto; 2014.
26. Guanche A. Las lombrices y la agricultura. Informe Técnico. Santa Cruz de Tenerife, España: Cabildo de Tenerife, Oficina Extensión Agraria y Desarrollo Rural - La Orotava.
27. Sánchez J. Vermicompostaje de residuos orgánicos con lombrices del género *Eisenia* spp: Proceso y caracterización del producto. Trabajo Fin de Grado Inédito. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Departamento de Ciencias Agroforestales.
28. Cluster. 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.
29. Somarriba R, Guzmán F. Guía de Lombricultura. Guía Técnica. Universidad Nacional Agraria, Dirección de Investigación, Extensión y Postgrado (DIEP). Serie técnica N°4.
30. AGROFLOR. Manual de Lombricultura. Manual Técnico. Chile: AGROFLOR; 2021.
31. Penco A. Cómo alimentar a tu granja de lombrices: compostaje fácil y eficaz para reducir basura. Informe Técnico; 2021.

32. Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N, Reyes-Carrillo J, Márquez-Quiroz C, Moncayo-Luján MdR, Salas-Pérez L. Importancia del agua y potencial del vermicompost en la retención de humedad del sustrato para la actividad agrícola. En Fortis M, Orona I, Gallegos M, Flores J, Salazar E, Preciado P. Agricultura Orgánica: Sexta parte. Primera edición ed. Torreón; 2013. p. 1-19.
33. Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéquez E, Beltrán-Morales A, Ruíz-Espinoza F, García-Hernández J. Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. En (UJED) UJdEdD, editor. Agricultura Orgánica: Tercera parte. Primera edición ed. Durango; 2010. p. 69-82.
34. Tortosa G. Compostando Ciencia: materiales para compostar. Informe Técnico; 2019.
35. Iglesias L. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Informe Técnico. Madrid: Secretaria General de Estructuras Agrarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; 1995.
36. Valdivia D. Producción de vermicompost mediante el aprovechamiento eficiente del cartón generados como residuos sólidos en la ciudad de Huánuco. Tesis de Pregrado. Huánuco, Perú: Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería. Programa académico de Ingeniería Ambiental.
37. Acosta-Durán C, Villegas-Torres O, Solís-Pérez O, Cardoso-Vigueros L. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*. 2013; 37(1): p. 127-139.
38. Lombriz Roja Urbana. Estudio y Proyecto de Compostaje. Tesis de grado. La Plata: Universidad Nacional De La Plata, Departamento de Ingeniería Mecánica; 2002.
39. Bueno P, Díaz M, Cabrera F. Factores que afectan al proceso de compostaje. En Bohórquez W. El proceso de compostaje. Bogotá: Ediciones Unisalle; 2008. p. 93-109.
40. Rivas-Nichorzon M, Silva-Acuña R. Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia Unemi*. 2020; 13(32): p. 87-100.

41. Toccalino P, Roux J, Agüero C. Comportamiento reproductivo de *Eisenia foetida* (Lombriz roja de California) durante las cuatro estaciones del año y alimentadas con distintos compostajes. Informe Investigativo. Corrientes, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Zoología y Recursos Fáunicos; 1999.
42. Cedeño K. Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar. Tesis de Pregrado. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Zootecnia; 2021.
43. Mamani-Mamani G, Mamani-Pati F, Sainz-Mendoza H, Villca-Huanaco R. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 2012; 3(1): p. 44-54.
44. López-Méndez C, Ruelas-Ayala R, Sañudo-Torres R, Armenta-López C, Félix-Herrán J. Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. 2013; VII(2): p. 81-87.
45. Canales Á, Solís B, Panca R, Quispe B. Crianza de *Eisenia foetida* (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico. *Ecología Aplicada*. 2020; 19(2): p. 87-92.
46. Medina MdS, Quezada C. Efecto del período de maduración del estiércol bovino sobre el comportamiento productivo de lombrices rojas en la zona de Camoapa. Tesis de Pregrado. Camoapa, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria (UNA).
47. Garrido R. Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (*eisenia foetida*). Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de recursos naturales renovables.
48. Avilés S. 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. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica.

49. Chicaiza J. Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo. Tesis de Grado. Zamorano, Honduras: Universidad Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.
50. Ávila G, Gaete H, Morales M, Neaman A. Reproducción de *Eisenia foetida* en suelos agrícolas de áreas mineras contaminadas por cobre y arsénico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2007; 42(3): p. 435-441.
51. INAMHI. Anuario Meteorológico. Informe Técnico. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. N°40.
52. Melo O, López L, Melo S. Diseño de Experimentos: métodos y aplicaciones. Segunda Edición ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2020.
53. Fernández R, Trapero A, Domínguez J. Experimentación en Agricultura Junta de Andalucía CdAyP, editor. Sevilla: Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones y Divulgación; 2010.
54. 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.
55. Sánchez V. Crianza de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida* NC) para la producción de carne usando cuatro tipos de sustratos en la EEAS. Tesis de Pregrado. Satipo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias.
56. Toccalino P, Agüero M, Serebrinsky C, Roux J. Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*. 2004; 15(2): p. 65-69.
57. Schuldt M, Rumi A, Gutiérrez D. Determinación de “edades” (clases) en poblaciones de *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobológicas. *Revista del Museo La Plata, Zoología*. 2005; 17(170): p. 1-10.
58. Fuentes J. La crianza de la lombriz roja. Informe Técnico. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria.

59. Gómez J, Herrera M. Crecimiento y reproducción de *Eisenia fetida* en cultivos de laboratorio. Dpto. Zoología y Antropología física. Facultad de Ciencias Biológicas. 2012; 2: p. 1-9.
60. Domínguez J, Gómez-Brandón M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*. 2010; 26(2): p. 309-320.
61. Canales-Gutiérrez Á, Mestas-Gutierrez N, Chambi-Alarcon M. Crecimiento y producción de cocones de la *Eisenia foetida* (lombriz roja) en cuatro sustratos. *Rev Inv Vet Perú*. 2021; 32(5): p. 1-6.
62. Cabildo M, Claramunt R, Comago M, Escolástico E, Farrán M, MA. G, et al. Tratamiento de la materia orgánica. En *Ambientales C*, editor. *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: UNED; 2008. p. 141-165.
63. Loza-Murguía P, Mamani M, 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.
64. Sztern D, Pravia A. Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. 0299th ed. Municipal UdD, editor. Roma : Organización Panamericana de la Salud; 1999.
65. Loza-Murguía P, Mamani G, 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*. 2001; 2(2): p. 24-39.
66. Haimi J, Huhta V. Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting. *Biology and Fertility of Soils*. 1986; 2: p. 23-27.
67. Hernández J. Observaciones preliminares del efecto de la temperatura sobre la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia ssp*). En: VII Jornadas Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela; 1997 p. 37 p.
68. Ferruzzi C. Manual de lombricultura. 3rd ed. Madrid, España: Mundi; 1994.

69. Barbado L. Cría de lombrices. 1st ed. S.R.L, Argentina: Editorial MPS; 2003.
70. Mendoza E. Efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) con estiércol bovino y aserrín descompuesto en Sapecho, Alto Beni. *Revista APTHAPI*. 2018; 4(1128-1138).
71. Hernández A, Pietrosevoli S, Faría A, Palma R, Canelón R. Efecto de la frecuencia de alimentación en el crecimiento y la reproducción de la lombriz *eisenia* spp. *Interciencia*. 2009; 34(4): p. 270-273.
72. Campoverde D, Velasco L, Acurio W. Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) para la producción de alimento animal. *Conciencia Digital*. 2020; 3(3.1): p. 22-35.
73. Velásquez G. Elaboración de diferentes tipos de compost utilizando pulpa de café como principal fuente de nutriente, para los diversos cultivos en la zona de Caranavi. Tesis de grado. La Paz–Bolivia: Universidad Mayor de San Andrez.
74. Saltos K. Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos, Patricia Pilar 2021. Tesis de pregrado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Carrera Zootecnia. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6520>.
75. Diacono M, Montemurro F. Longterm effects of organic amendments on soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012; 30: p. 401-422.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.



Anexo 1 y 2: Adecuación de espacio requerido e instalación de los tratamientos con su respectiva distribución.



Anexo 3, 4 y 5: Proceso de compostaje de residuos orgánicos (duración 3 semanas).



Anexo 6, 7 y 8: Pesaje de sustratos compostados, previo a la siembra de lombrices.



Anexo 9, 10 y 11: Etapa de alimentación de lombrices con sustratos compostados.



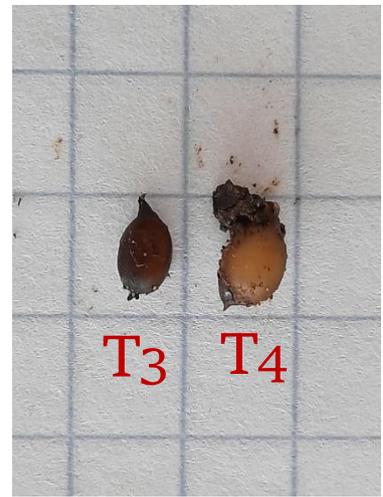
Anexo 12, 13 y 14: Revisión periódica de parámetros físicoquímicos: pH, temperatura (°C) y humedad (%) de los sustratos compostados.



Anexo 15, 16 y 17: Riego de los lechos con agua potable y registro de la evolución de etapa fisiológica (madurez sexual) de la *E. foetida*.



Anexo 18, 19 y 20: Actividad de apareamiento (cópula) en las lombrices evaluadas.



Anexo 21, 22 y 23: Recolección de cocones para incubación, clasificados según su color, consistencia y tamaño.



Anexo 24, 25 y 26: Actividades previas al proceso de incubación de cocones.



Anexo 27 y 28: Incubación de cocones por un periodo de tiempo de 21 días.



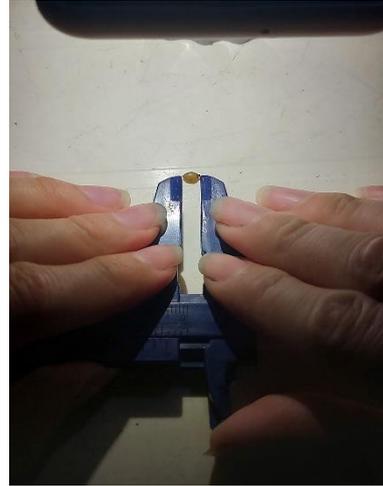
Anexo 29, 30 y 31: Revisión de cocones maduros o eclosionados, registro del número de lombrices nacidas/cápsula.



Anexo 32, 33 y 34: Registro del peso (g) de lombrices evaluadas en la investigación.



Anexo 35, 36 y 37: Longitud (cm) de las lombrices evaluadas en biomasa e individual.



Anexo 38, 39 y 40: Conteo total de cocones producidos en los lechos y medición de longitud (mm) empleando un Calibre o Pie de Rey.



Anexo 41, 42 y 43: Registro de la producción de humus (kg) y degradación total (%) de los sustratos evaluados, mediante separación de impurezas (zarandeo).