

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN EN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

**“Implementación de lombricario para producción de lixiviado de lombriz
con riego de agua residual porcina”**

AUTOR: Palma Chávez Jeniffer Patricia

TUTOR: Ing. Ricardo Paúl González Dávila, *M.C*

El Carmen, 23 enero 2026

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A) | CÓDIGO: PAT-04-F-004 |
| | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1 Página II de 39 |

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

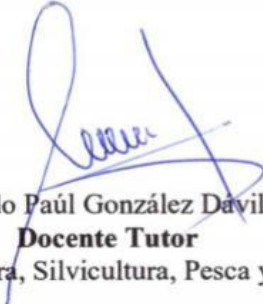
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Palma Chávez Jeniffer Patricia, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025(2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “Implementación de lombricario para producción de lixiviado de lombriz con riego de agua residual porcina”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 23 de enero 2026.

Lo certifico,


Ing. Ricardo Paúl González Davila, M.C
Docente Tutor
Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

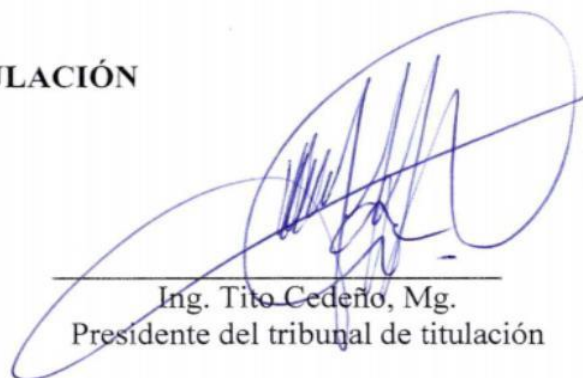
**“Implementación de lombricario para producción de lixiviado de lombriz
con riego de agua residual porcina”.**

AUTOR: Palma Chávez Jeniffer Patricia

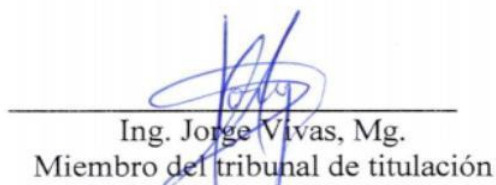
TUTOR: Ing. Ricardo Paúl González Dávila, *M.C*

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

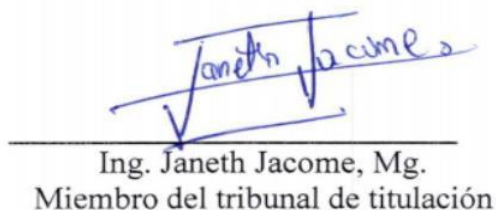
TRIBUNAL DE TITULACIÓN



Ing. Tito Cedeño, Mg.
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Jorge Vivas, Mg.
Miembro del tribunal de titulación



Ing. Janeth Jacome, Mg.
Miembro del tribunal de titulación



DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: **“Implementación de lombricario para producción de lixiviado de lombriz con riego de agua residual porcina”**.

Corresponde exclusivamente a **Palma Chavez Jeniffer Patricia** con C.I 235041321-3 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autor



Palma Chavez Jeniffer Patricia
C.I 235041321-3

 Uleam

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la paciencia y la sabiduría necesarias para superar cada dificultad presentada a lo largo de mi formación académica. A mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación, por su comprensión, sacrificio y palabras de aliento en los momentos de cansancio, y por creer en mí incluso cuando los retos parecían difíciles de alcanzar.

De manera especial, dedico este logro a mis docentes, quienes con su orientación, conocimientos y experiencia contribuyeron de forma significativa al desarrollo de este trabajo, guiándome con responsabilidad y compromiso durante todo el proceso. Asimismo, a todas las personas que directa o indirectamente formaron parte de esta etapa, brindándome su apoyo moral y académico, y que con sus consejos y acompañamiento hicieron posible la culminación de este importante objetivo personal y profesional.

Palma Chavez Jeniffer Patricia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa de mi formación académica. A mi familia, por su apoyo constante, comprensión y motivación a lo largo de todo el proceso, siendo un pilar fundamental en cada logro alcanzado.

Expreso mi sincero agradecimiento a mis docentes y tutores, por su orientación, conocimientos y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de investigación. De igual manera, agradezco a la institución y a todas las personas que colaboraron directa e indirectamente en la ejecución del experimento, aportando con su tiempo y experiencia para que este trabajo se llevara a cabo de manera satisfactoria.

Palma Chavez Jeniffer Patricia.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| CERTIFICACIÓN..... | II |
| TRIBUNAL DE TITULACIÓN | III |
| DEDICATORIA..... | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | IX |
| ÍNDICE DE FIGURAS | X |
| INDICE DE ANEXOS | XI |
| RESUMEN | XII |
| ABSTRACT | 13 |
| CAPITULO I | 14 |
| TÍTULO | 14 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 16 |
| OBJETIVOS..... | 17 |
| HIPÓTESIS | 17 |
| METODOLOGÍA | 18 |
| 1.1 Localización de la unidad experimental | 18 |
| 1.2 Caracterización agroecológica de la zona..... | 18 |
| 1.3 Materiales..... | 19 |
| 1.4 Variables | 19 |
| 1.4.1 Variables independientes..... | 19 |
| 1.4.2 Variables dependientes | 19 |
| 1.5 Métodos..... | 19 |
| 1.5.1 Método analítico | 19 |
| 1.5.2 Enfoque de la investigación..... | 19 |
| 1.5.3 Tipo y diseño de investigación | 20 |
| 1.6 Tratamientos | 20 |
| 1.7 Manejo del ensayo | 20 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1.1 Lombriz roja californiana (Eisenia foetida)..... | 22 |
| 2.1.2 Vermicultura y lombricultura | 22 |
| 2.1.3 Lombricario como sistema de producción sostenible..... | 23 |

| | | |
|-------|---|---------|
| 2.1.4 | Aguas residuales porcinas | 23 |
| 2.1.5 | Uso de agua residual porcina en lombricarios..... | 24 |
| 2.1.6 | VARIABLES PRODUCTIVAS EN LA LOMBRICULTURA..... | 24 |
| | TRABAJOS RELACIONADOS..... | 25 |
| | CAPÍTULO III | 27 |
| | DESARROLLO DE LA PROPUESTA | 27 |
| 3.1 | Descripción de la cubierta del lombricario y costos | 27 |
| 3.2 | Análisis del costo–beneficio | 27 |
| 3.3 | RESULTADOS..... | 28 |
| 3.3.1 | Peso lombrices Kg de suelo | 28 |
| 3.3.2 | Número de lombrices por kg de sustrato | 29 |
| 3.3.3 | Lixiviado..... | 30 |
| 3.4 | Discusión..... | 30 |
| | CAPÍTULO V..... | 31 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | XXXVI |
| | ANEXOS..... | XXXVIII |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características agroecológicas de la localidad | 18 |
| Tabla 2. Materiales utilizados en la implementación de lombricario | 19 |
| Tabla 3. Tratamientos experimentales | 20 |
| Tabla 4. Clasificación taxonómica de <i>Eisenia foetida</i> | 22 |
| Tabla 5. Desglose de gastos en infraestructura de techo en lombricario | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 1.</i> Localización geográfica del área de estudio..... | 18 |
| <i>Ilustración 2.</i> Peso final de lombriz por kilogramo de suelo | 27 |
| <i>Ilustración 3.</i> Peso final de número de lombriz por kilogramo de suelo | 28 |
| <i>Ilustración 4.</i> Peso final de número de lombriz por kilogramo de suelo | 29 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|---------|
| Anexo 1. Análisis de varianza en cantidad de lombrices por kg 1..... | XXXVIII |
| Anexo 2. Peso de lombrices por kg de sustrato 1 | XXXIX |
| Anexo 3. Volumen de lixiviado 1 | XXXVIII |
| Anexo 4. Planificación para el lombricario 1..... | XXXIX |
| Anexo 5. Medición y levantamiento de terreno 1..... | XL |
| Anexo 6. Construcciones de la cubierta 1..... | XXXIX |
| Anexo 7. Finalización de la construcción 1..... | XL |
| Anexo 8. Ubicación de las camas 1 | XL |
| Anexo 9. Aplicación de los tratamientos 1 | XLI |
| Anexo 10. Seguimiento del proceso 1 | XLI |

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo implementar un lombricario para la producción de lixiviado de lombriz y evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre el peso de lombrices (kg^{-1} de suelo), el número de lombrices por kilogramo de sustrato y el volumen de lixiviado producido. La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos T1 (100% H₂O), T2 (10%H₂O-90% agua residual), T3 (25%H₂O-75% agua residual), T4 (50%H₂O-50% agua residual), T5 (75%H₂O-25% agua residual), T6 (100% agua residual), aplicados en condiciones controladas. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ADEVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$), evidenciándose diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. En la variable peso de lombrices, el tratamiento 6 con el 100% de concentración de agua residual porcina presentó el mayor valor ($139,33 \text{ kg}^{-1}$), mientras que tratamiento 1 con el 100% de agua natural registró el menor ($74,33 \text{ kg}^{-1}$). En cuanto al número de lombrices por kilogramo de sustrato, tratamiento 6 al 100% de concentración de agua residual porcina alcanzó el promedio más alto ($15,73 \text{ lombrices/kg}$) y T1 con 100% de agua natural registro el menor número de lombrices ($2,47 \text{ lombrices/kg}$). Para el volumen de lixiviado, T6 con el 100% de concentración de agua residual porcina obtuvo la mayor producción ($2614,75 \text{ ml}$), mientras que T4 con el 50% de concentración + 50% de agua natural presentó el valor más bajo ($547,5 \text{ ml}$). Estos resultados demuestran que el tratamiento T6 al 100% de agua residual porcina fue el más eficiente en términos de crecimiento, proliferación y producción de lixiviado. La construcción de la cubierta del lombricario, con estructura metálica de tubos galvanizados y una inversión de 2175 USD, permitió garantizar condiciones adecuadas de manejo y protección del sistema. La implementación del lombricario resultó técnicamente viable, y los tratamientos aplicados influyeron significativamente en la eficiencia productiva, destacándose T6 con 100% de agua residual porcina como el tratamiento más recomendable para optimizar la producción de biomasa y lixiviado, constituyéndose en una alternativa sostenible para el aprovechamiento de residuos orgánicos.

Palabras clave: Lombricario; lixiviado; lombrices; orgánicos; sostenibilidad.

ABSTRACT

The study aimed to implement a vermicomposting system for the production of vermicompost leachate and to evaluate the effect of different treatments on earthworm weight (kg^{-1} of soil), the number of earthworms per kilogram of substrate, and the volume of leachate produced. The research was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with six treatments: T1 (100% H_2O), T2 (10% H_2O -90% wastewater), T3 (25% H_2O -75% wastewater), T4 (50% H_2O -50% wastewater), T5 (75% H_2O -25% wastewater), and T6 (100% wastewater), applied under controlled conditions. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$), revealing highly significant statistical differences between treatments. In terms of earthworm weight, treatment 6 with 100% concentration of pig wastewater showed the highest value (139.33 kg^{-1}), while treatment 1 with 100% natural water registered the lowest (74.33 kg^{-1}). Regarding the number of earthworms per kilogram of substrate, treatment 6 with 100% concentration of pig wastewater reached the highest average ($15.73 \text{ earthworms/kg}$), and T1 with 100% natural water registered the lowest number of earthworms ($2.47 \text{ earthworms/kg}$). For leachate volume, T6 with 100% concentration of pig wastewater obtained the highest production (2614.75 ml), while T4 with 50% concentration + 50% natural water presented the lowest value (547.5 ml). These results demonstrate that treatment T6, using 100% swine wastewater, was the most efficient in terms of growth, proliferation, and leachate production. The construction of the vermicomposting enclosure, with a galvanized metal frame and an investment of USD 2,175, ensured adequate conditions for the system's management and protection. In conclusion, the implementation of the vermicomposting system proved technically feasible, and the applied treatments significantly influenced production efficiency. Treatment T6 with 100% concentration of pig wastewater stood out as the most recommended for optimizing biomass and leachate production, making it a sustainable alternative for the utilization of organic waste.

Keywords: Vermicomposting system; leachate; earthworms; organic waste; sustainability.

CAPITULO I

TÍTULO

Implementación de lombricario para producción de lixiviado de lombriz con riego de agua residual porcina

INTRODUCCIÓN

La alta tendencia creciente de aguas residuales en los sistemas de producción porcina constituye un desafío ambiental significativo, debido a la elevada concentración de materia orgánica, nutrientes y patógenos presentes en los efluentes, los cuales pueden provocar contaminación del suelo y de los recursos hídricos (Iaquinta, 2021). En la actualidad, las tecnologías basadas en procesos biológicos representan alternativas sostenibles para mitigar el incremento estos residuos y su reutilización en sistemas agrícolas (Progea., 2009).

Una de estas alternativas es la vermicompostación, que utiliza lombrices de tierra, especialmente *Eisenia foetida*, como agente biológico para transformar residuos sólidos y líquidos en productos con valor agronómico (Román Sánchez, 2020). Dicho sistema producen un efluente líquido conocido como vermiwash, el cual resulta directo de los procesos de degradación biológico y mineralización de la materia orgánica presente, que puede contener nutrientes y microorganismos beneficiosos cuando se obtiene bajo condiciones controladas (Agriculture., 2014)

Pese a estas ventajas potenciales, existen pocos estudios que integren el diseño y operación de lombricario específicamente para la producción de lixiviados utilizando aguas residuales porcinas como fuente de riego, especialmente en condiciones tropicales o de escasos recursos. Por tanto, la presente investigación tiene como finalidad implementar un lombricario para la producción de lixiviado de lombriz mediante el uso de agua residual porcina, evaluando su viabilidad como alternativa de tratamiento de residuos y aprovechamiento sostenible de subproductos orgánicos dentro de sistemas agropecuarios (Lazcano C. G.-B., 2008).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se registró 1,8 millones de cabezas de ganado porcino en el año 2011 y en el Cantón el Carmen en la provincia de Manabí se registró una población de 18.500 cabezas porcinas. La producción porcina genera grandes volúmenes de aguas residuales con alta carga de purines (materia orgánica: líquida o semilíquida), donde se encuentran altos contenidos de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y, lo que representa un riesgo para el medio ambiente y la salud pública si no se maneja adecuadamente. Este tipo de líquidos residuales se vierte sin tratamiento, puede contaminar fuentes de agua y suelos agrícolas., se ha identificado la necesidad de implementar alternativas sostenibles para el tratamiento de estos efluentes, especialmente en zonas rurales donde se realizan explotaciones porcinas y no existen sistemas de tratamiento convencionales (Intriago Terán, 2024).

Una de las metodologías para el tratamiento y aprovechamiento de los purines es la lombricultura, tecnología emergente y eficiente en el tratamiento de residuos orgánicos, la misma que permite la conversión de materia orgánica en productos útiles como humus y lixiviado, gracias a la acción de lombrices como *Eisenia foetida*, se produce un lixiviado rico en nutrientes, conocido como humus líquido, que actúa como biofertilizantes y bioestimulantes natural. Sin embargo, su mal manejo puede generar citotoxicidad, proliferación de patógenos y riesgo de contaminación ambiental por lixiviación de compuestos orgánicos mal estabilizados (Contreras-Ramos, 2021).

Los lixiviados se forman durante los procesos de fermentación y descomposición de la materia orgánica acumulada, principalmente en vertederos. A medida que la materia orgánica es digerida por las lombrices y descompuesta por microorganismos, se libera un líquido oscuro, rico en nutrientes solubles, microorganismos benéficos y compuestos bioactivos. (Castillo Sánchez, 2021).

En la lombricultura, las camas deben manejarse para optimizar la producción de humus y lixiviado. Esto implica una correcta disposición de las camas, la alimentación adecuada de

las lombrices, la extracción de lombrices para nueva colonia y la recolección de humus y lixiviado. El lixiviado, un producto líquido rico en nutrientes, se puede obtener mediante la extracción de las lombrices de la cama. (Pineda, 2023).

JUSTIFICACIÓN

El aumento de la producción porcina en zonas rurales, representa una gran oportunidad económica para muchas familias, también conlleva un desafío ambiental importante: el manejo adecuado de las aguas residuales generadas por las granjas porcinas. Estos efluentes, altos en materia orgánica y compuestos nitrogenados, pueden provocar serios daños a los suelos, cuerpos de agua y salud humana si no son tratados correctamente. Por esta razón, es urgente buscar soluciones accesibles, sostenibles y adaptadas a contextos rurales, donde los sistemas de tratamiento convencionales son limitados o inexistentes (Intriago Terán, 2024).

Frente a esta problemática, la implementación de lombricario se plantea como una alternativa viable y ecológica. Las lombrices, en especial la *Eisenia foetida*, son capaces de transformar residuos orgánicos en productos útiles como el humus y el lixiviado, mejorando la calidad del agua residual y permitiendo su reutilización agrícola. Esta práctica representa una solución de bajo costo que puede ser gestionada por pequeños productores, contribuyendo no solo a la protección ambiental, sino también a la generación de recursos sostenibles para la producción de alimentos (Cedeño, 2022).

El lixiviado de lombriz ha sido reconocido por su alto valor como fertilizante líquido, alto niveles en nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo y las plantas. Su producción a partir del riego con aguas residuales porcinas permitiría cerrar un ciclo de aprovechamiento de residuos, disminuyendo la necesidad de insumos químicos en la agricultura. Este tipo de enfoque no solo reduce el impacto ambiental, sino que también promueve la economía en los sistemas productivos agropecuarios (Pineda, 2023).

Esta investigación no solo trata a una necesidad técnica de tratar aguas residuales porcinas, sino que también busca empoderar a pequeños productores con herramientas sostenibles, accesibles y reproducibles. A través de la implementación de un lombricario con riego de aguas residuales, se espera aportar al bienestar ambiental y social de las

comunidades rurales, generando conocimientos aplicables y beneficios duraderos (Castillo Sánchez, 2021).

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Implementar un lombricario para la producción de lixiviado de lombriz con agua residual porcina.

ii) Objetivos específicos

- ✓ Construir un lombricario en la granja experimental Río Suma para la producción de lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*)
- ✓ Determinar la dosis de agua residual porcina para la producción de lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*)
- ✓ Evaluar el efecto del uso de agua residual porcina y agua limpia en la cantidad de lombrices por kilogramo de sustrato en un sistema de lombricario.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H0). El agua residual porcina influye en la producción de lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*)

Hipótesis alternativa (H1). El agua residual porcina No influye en la producción de lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*)

METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

El ensayo fue ubicado en la granja experimental Río Suma, perteneciente a la carrera de Ingeniería Agropecuaria (Ilus.1) ubicada el km 30 de la vía El Carmen – Santo Domingo, en las coordenadas UTM: X = 674967, Y= 9971156 y Z= 266 msnm.

Ilustración 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Adaptado de Google Earth, (2025)

1.2 Caracterización agroecológica de la zona

En la siguiente tabla se describe la caracterización agroecológica de la zona del Cantón el Carmen, Manabí.

Tabla 1. *Características agroecológicas de la localidad*

| Características | El Carmen |
|--------------------------------|----------------|
| Clima | Trópico Húmedo |
| Temperatura (°C) | 24 |
| Humedad Relativa (%) | 86 |
| Heliofanía (Horas luz año-1) | 1026,2 |
| Precipitación media anual (mm) | 2659 |
| Altitud (msnm) | 249 |

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022).

1.3 Materiales

Tabla 2. *Materiales utilizados en la implementación de lombricario*

| Insumos | Materiales | Equipos |
|---|---|------------------------------------|
| Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) | cajones para lombrices (madera) | Palas |
| Estiércol (porcino, bovino o mixto, previamente compostado) | Polisombra (sarán) | Baldes o tachos |
| Residuos orgánicos (restos vegetales, cáscaras de frutas, residuos agrícolas) | Plástico negro | Regadera o bomba manual para riego |
| Material vegetal seco (hojas secas, aserrín) | Libreta de campo para registro de datos | Carretilla |
| Agua residual porcina | cubierta (zinc) Recipientes para recolección del lixiviado Clavos | Tamiz o cedazo |

1.4 Variables

1.4.1 Variables independientes

- Agua residual porcina

1.4.2 Variables dependientes

- Número de lombrices por kg de sustrato
- Peso de lombrices por kg de sustrato
- Volumen de lixiviado por tratamiento

1.5 Métodos

1.5.1 Método analítico

Se utilizó un método analítico para descomponer el problema de investigación y evaluar el efecto del tipo de agua utilizada para irrigar el criadero de lombrices sobre el número de lombrices por kilogramo de sustrato. Este enfoque permitió un análisis detallado de la relación entre las variables independientes y la variable dependiente.

1.5.2 Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la medición del número de lombrices por kilogramo de sustrato y un análisis numérico que permite comparar los resultados obtenidos entre los tratamientos utilizados. Este enfoque permite una evaluación objetiva

del impacto del uso de aguas residuales porcinas y agua limpia en el desarrollo de la población de lombrices.

1.5.3 Tipo y diseño de investigación

El estudio es experimental porque se controlan y manipulan las variables independientes correspondientes al uso de aguas residuales porcinas y agua limpia para evaluar su efecto sobre el número de lombrices por kilogramo de sustrato.

El nivel de significancia considerado fue de $p \leq 0,05$, lo que permitió interpretar los resultados de manera objetiva y confiable, fortaleciendo la validez del estudio y la toma de decisiones técnicas.

1.6 Tratamientos

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), en el cual las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente a cada tratamiento, garantizando igualdad de condiciones y reduciendo sesgos en los resultados. Este diseño permitió comparar de forma objetiva los efectos de cada tratamiento sobre la variable dependiente, asegurando la validez de los resultados obtenidos.

Tabla 3. *Tratamientos experimentales*

| Código | Composición del sustrato | Concentración / H ₂ O (%) |
|--------|---------------------------------|--------------------------------------|
| T1 | Riego con agua limpia | 0/100 |
| T2 | Riego con agua residual porcina | 10/90 |
| T3 | Riego con agua residual porcina | 25/75 |
| T4 | Riego con agua residual porcina | 50/50 |
| T5 | Riego con agua residual porcina | 75/25 |
| T6 | Riego con agua residual porcina | 100/0 |

1.7 Manejo del ensayo

El ensayo duro un mes en el cual se establecieron cajas experimentales de 1 m × 1 m, las cuales fueron llenadas con tierra de montaña a una altura de 10 cm, utilizada como media base para el desarrollo del experimento. Posteriormente, en cada unidad experimental se incorporó 1 kg de sustrato con lombrices, asegurando una distribución uniforme dentro de las cajas.

Previo a la aplicación de los tratamientos, el agua residual porcina fue almacenada y dejada en reposo durante 24 horas, con la finalidad de permitir la liberación de gases, principalmente amoníaco, reduciendo así su efecto tóxico y evitando posibles daños en las lombrices.

Los tratamientos fueron aplicados mediante riego utilizando diferentes concentraciones de agua residual porcina diluida en agua limpia, conforme al diseño experimental establecido. El tratamiento T1 recibió únicamente agua limpia (0 % agua residual porcina y 100 % agua), mientras que los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 fueron irrigados con concentraciones crecientes de agua residual porcina correspondientes a 10 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, respectivamente.

A cada unidad experimental se le aplicaron 2 litros de solución correspondiente a cada tratamiento, volumen que fue distribuido de manera uniforme sobre la superficie del sustrato, con el objetivo de mantener niveles adecuados de humedad y permitir la infiltración del líquido para la generación de lixiviado. El riego se realizó cada 48 horas dependiendo la humedad del sustrato para evitar condiciones de saturación o sequedad que pudieran afectar el crecimiento y la actividad de las lombrices. Al finalizar el experimento los registros se consolidaron por kilogramo experimental (lombrices) en Excel, los datos fueron analizados en el programa InfoStat

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.1 Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es una especie ampliamente utilizada en sistemas de lombricultura y vermicompostaje debido a su alta capacidad para transformar residuos orgánicos en productos de valor agronómico. Esta lombriz se adapta eficientemente a ambientes con elevada concentración de materia orgánica, lo que le permite desarrollarse en sustratos provenientes de residuos agropecuarios, como estiércoles y restos vegetales. Su elevada actividad metabólica favorece la fragmentación del sustrato y la acción microbiana, acelerando los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica. Estas características convierten a *Eisenia foetida* en una especie idónea para la producción de vermicompost y lixiviado de lombriz en sistemas sostenibles (Edwards, 2004)

Tabla 4. Clasificación taxonómica de *Eisenia foetida*

| | |
|----------|-------------|
| Reino | Animalia |
| Filo | Annelida |
| Clase | Clitellata |
| Subclase | Oligochaeta |
| Orden | Haplotaxida |

2.1.2 Vermicultura y lombricultura

La vermicultura es una biotecnología ambiental basada en el uso de lombrices para la transformación eficiente de residuos orgánicos en productos estabilizados y de alto valor agronómico. Este proceso aprovecha la capacidad digestiva de las lombrices para fragmentar la materia orgánica, facilitando la acción de microorganismos benéficos que aceleran la mineralización de los nutrientes. Diversos estudios han demostrado que la vermicultura mejora la estructura del material orgánico, incrementa la disponibilidad de nutrientes y reduce la presencia de patógenos, lo que la convierte en una alternativa sostenible para el manejo de residuos agropecuarios y agroindustriales (Domínguez, 2004)

Desde el punto de vista productivo, la lombricultura se ha consolidado como una práctica viable en sistemas agrícolas sostenibles debido a su bajo costo de implementación y

mantenimiento. Las especies *Eisenia foetida* y *Eudrilus eugeniae* son las más empleadas en lombricario por su alta tasa reproductiva, tolerancia a diferentes sustratos y capacidad de adaptación a condiciones variables de humedad y temperatura. Estas características permiten una rápida generación de biomasa y subproductos como el lixiviado de lombriz, ampliamente utilizado como biofertilizantes líquido en la agricultura (Edwards C. A., 2011).

2.1.3 Lombricario como sistema de producción sostenible

El lombricario es una estructura diseñada para proporcionar condiciones ambientales óptimas que favorezcan el desarrollo y la reproducción de las lombrices, así como la descomposición controlada de la materia orgánica. Entre los factores más importantes se encuentran la humedad, que debe mantenerse entre 70 y 80 %, la temperatura, idealmente entre 18 y 25 °C, y una adecuada aireación del sustrato. El control de estas variables es esencial para garantizar la estabilidad del sistema y la eficiencia en la producción de vermicompost y lixiviado de lombriz (Edwards C. A., 2011).

Desde una perspectiva ambiental, el lombricario constituye una alternativa tecnológica que contribuye significativamente a la gestión sostenible de residuos orgánicos. Su implementación permite reducir la cantidad de desechos destinados a vertederos o cuerpos de agua, disminuyendo así la contaminación ambiental. Además, los productos obtenidos en el proceso pueden ser reincorporados a los sistemas agrícolas, promoviendo la economía circular y fortaleciendo prácticas agroecológicas orientadas a la conservación del suelo y del medio ambiente (Domínguez L. &, 2011)

2.1.4 Aguas residuales porcinas

Las aguas residuales porcinas son efluentes generados durante las actividades de limpieza, alimentación y manejo de animales en sistemas de producción porcina. Estas aguas presentan altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo y microorganismos, lo que representa un riesgo ambiental significativo cuando se descargan sin tratamiento adecuado. La contaminación de suelos y cuerpos de agua por estos efluentes puede provocar eutrofización y afectaciones a la salud humana y animal (Gutiérrez, 2015)

Sin embargo, diversos estudios han demostrado que, bajo un manejo técnico adecuado, las aguas residuales porcinas pueden ser aprovechadas como fuente de nutrientes en sistemas biológicos. Su reutilización en procesos como el vermicompostaje permite reducir su carga contaminante y

transformar un residuo problemático en un insumo productivo. Este enfoque no solo contribuye a la mitigación del impacto ambiental, sino que también favorece la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios (Lazcano, 2008).

2.1.5 Uso de agua residual porcina en lombricario

El uso de agua residual porcina como fuente de riego en lombricario representa una alternativa innovadora para optimizar el aprovechamiento de nutrientes presentes en estos efluentes. El contenido de materia orgánica y nutrientes puede estimular la actividad microbiana del sustrato, favoreciendo el crecimiento y la reproducción de las lombrices, así como la producción de lixiviado. No obstante, es fundamental regular la concentración y frecuencia de aplicación para evitar efectos negativos asociados a la toxicidad por amonio o sales (Ndegwa, 2001).

Investigaciones realizadas en sistemas de vermicompostaje han evidenciado que la aplicación controlada de aguas residuales porcinas no afecta significativamente la supervivencia de las lombrices cuando se respetan parámetros técnicos adecuados. Comparar este tipo de riego con el uso de agua limpia permite evaluar su impacto en variables productivas, como el número y peso de lombrices por kilogramo de sustrato, aportando información relevante para la toma de decisiones en sistemas productivos sostenibles (Edwards C. A., 2011).

2.1.6 Variables productivas en la lombricultura

Las variables productivas son indicadores fundamentales para evaluar el desempeño de un lombricario. Entre las más utilizadas se encuentran el número de lombrices por kilogramo de sustrato y el peso total de lombrices por unidad de sustrato, las cuales reflejan el crecimiento poblacional y la eficiencia del sistema. Estas variables permiten analizar el efecto de diferentes tipos de riego y sustratos sobre el desarrollo de las lombrices (Lazcano, 2008).

El análisis de estas variables facilita la comparación entre tratamientos y la identificación de condiciones óptimas para la producción de lixiviado de lombriz. Además, su evaluación continua permite detectar posibles problemas en el manejo del lombricario, como exceso de humedad o deficiencia de oxígeno, contribuyendo a mejorar la productividad y la sostenibilidad del sistema (Domínguez L. &, 2011).

TRABAJOS RELACIONADOS

En los últimos años, diversas investigaciones han demostrado que la lombricultura constituye una alternativa eficiente y sostenible para el manejo de residuos orgánicos de origen agropecuario. Estudios realizados por Edwards C. A.(2004), evidencian que el uso de lombrices, especialmente *Eisenia foetida*, permite transformar residuos orgánicos en productos con alto valor agronómico, como el vermicompost y el lixiviado de lombriz, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo el impacto ambiental. Estas investigaciones sentaron las bases científicas para el uso de lombricario como sistemas biológicos de tratamiento de residuos, destacando su bajo costo y alta eficiencia productiva.

Por su parte, Domínguez (2004), señala que la lombriz roja californiana presenta una elevada capacidad de adaptación a diferentes sustratos orgánicos, así como una rápida tasa de reproducción, lo que la convierte en una especie ideal para estudios experimentales relacionados con la producción de biomasa y subproductos líquidos. Investigaciones posteriores han evaluado variables como el número y peso de lombrices por kilogramo de sustrato, demostrando que estas variables son indicadores confiables del desempeño del sistema de vermicompostaje.

En relación con el lixiviado de lombriz, Arancon, (2007) y Pant, (2012), desarrollaron estudios en los que se evaluó su aplicación como biofertilizantes líquido, evidenciando efectos positivos sobre el crecimiento vegetal, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del suelo. Estos antecedentes confirman que el lixiviado de lombriz no solo es un subproducto del proceso de lombricultura, sino un insumo agrícola con potencial para sustituir parcial o totalmente a fertilizantes químicos, siempre que se aplique en concentraciones adecuadas.

Respecto al manejo de aguas residuales porcinas, Gutiérrez (2015), indica que estos efluentes presentan una elevada carga orgánica y nutricional que, sin tratamiento adecuado, generan

contaminación ambiental. Sin embargo, diversos estudios han propuesto su aprovechamiento en sistemas biológicos como el vermicompostaje, donde su uso controlado contribuye a la reducción de la carga contaminante y a la reutilización de nutrientes. Ndegwa y Thompson, (2001), demostraron que el uso moderado de aguas residuales en sistemas de vermicompostaje no afecta negativamente la supervivencia de las lombrices cuando se respetan parámetros técnicos adecuados.

A nivel latinoamericano, varias investigaciones han evaluado la implementación de lombricario utilizando residuos pecuarios, destacando su contribución a la sostenibilidad de sistemas productivos rurales. Estos estudios coinciden en que el uso de aguas residuales porcinas como riego en lombricario puede influir significativamente en variables productivas como el crecimiento poblacional y el peso de las lombrices, así como en la cantidad y calidad del lixiviado producido

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción de la cubierta del lombricario y costos

La cubierta del lombricario fue diseñada con el propósito de proteger el sistema de lombricultura de factores climáticos adversos, tales como la radiación solar directa, lluvias intensas y cambios bruscos de temperatura. La estructura permite crear un ambiente controlado que favorece el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), manteniendo condiciones adecuadas de humedad y temperatura en el sustrato. El diseño contempla una pendiente que facilita la evacuación del agua lluvia y una altura suficiente para permitir una correcta ventilación y manejo del área.

La cubierta del lombricario fue diseñada y construida utilizando una estructura metálica de tubos galvanizados, seleccionados por su alta resistencia mecánica, durabilidad y capacidad para soportar condiciones ambientales propias del entorno rural. La implementación de esta cubierta contribuye directamente a la estabilidad del sistema de lombricultura y a la optimización de la producción de lixiviado de lombriz.

Tabla 5. Desglose de gastos en infraestructura de techo en lombricario

| Detalles | Costos (USD) |
|--|------------------|
| Mano de obra de construcción y soldado de techo del lombricario | \$300.00 |
| Compra de spray, disco y auto perforante | \$24.57 |
| Materiales de construcción como arena, ripio y cemento | \$51.43 |
| Compra de materiales de construcción como tubo cuadrado galvanizado 075x2.00, correa galvanizada 080x2.00 - 060x2.00, electrodos y varilla | \$1.039.91 |
| Cubierta (techo novacero) | \$759.13 |
| Total de inversión | \$2175.04 |

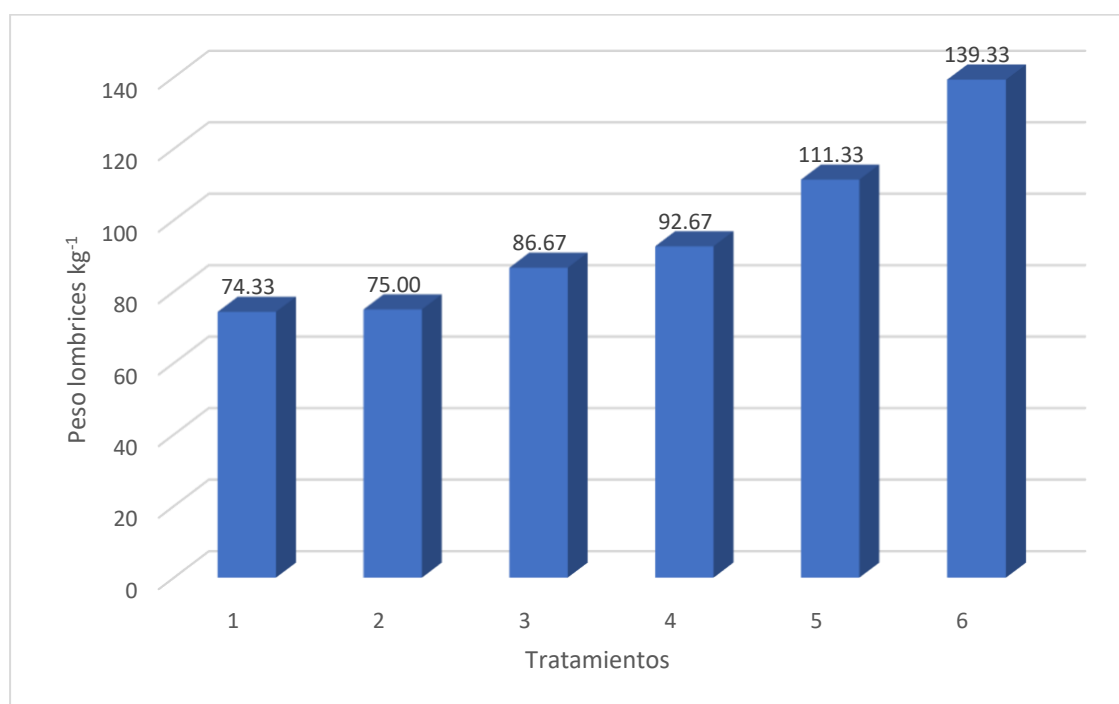
3.2 RESULTADOS

3.2.1 Peso lombrices Kg⁻¹ de suelo

La Ilustración 2 muestra el peso final de lombrices (kg⁻¹ de suelo) en los seis tratamientos evaluados. Se observa una tendencia creciente desde el tratamiento T1 hasta el T6.

El tratamiento T1 presentó el menor peso promedio (74,33 kg⁻¹), seguido de T2 (75,00 kg⁻¹), T3 (86,67 kg⁻¹) y T4 (92,67 kg⁻¹), evidenciando un incremento progresivo en la biomasa de lombrices conforme avanzan los tratamientos. Por su parte, T5 alcanzó 111,33 kg⁻¹, mientras que T6 registró el valor más alto con 139,33 kg⁻¹.

Ilustración 2. Peso de lombriz por kilogramo de suelo



Estos resultados indican que el tratamiento T6 fue el más eficiente en la producción de biomasa de lombrices por kilogramo de suelo, superando ampliamente a los demás tratamientos. La diferencia notable entre T6 y los tratamientos iniciales sugiere un efecto positivo del manejo o sustrato aplicado en dicho tratamiento, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las lombrices.

En términos generales, la gráfica evidencia una respuesta favorable de las lombrices ante los tratamientos aplicados, observándose un incremento sostenido en el peso final, lo cual puede

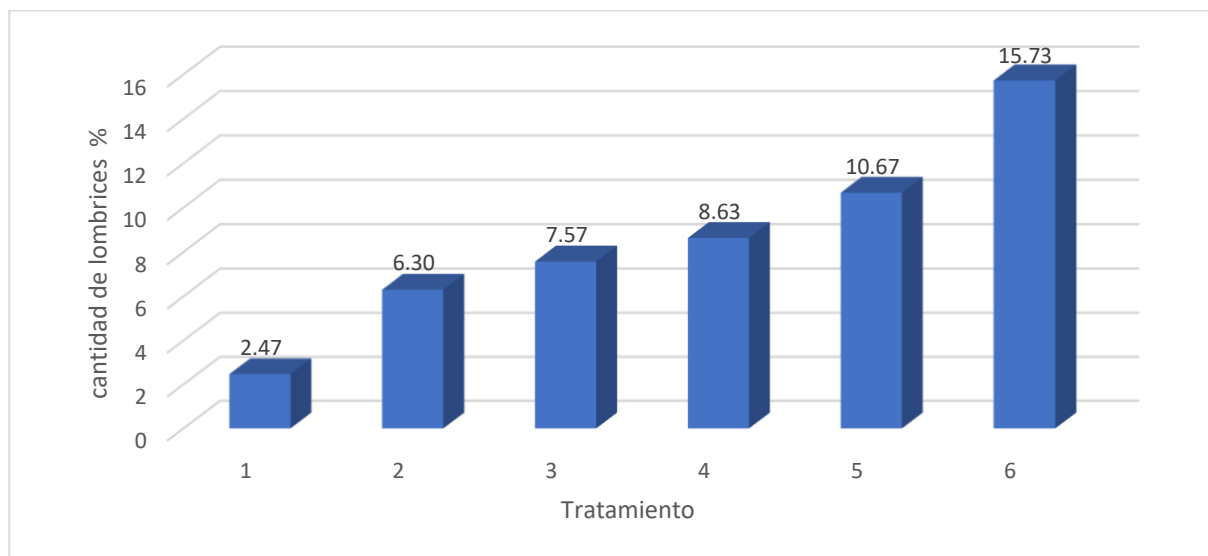
asociarse a mejores condiciones nutricionales o ambientales en los tratamientos de mayor rendimiento.

3.2.2 Número de lombrices por kg de sustrato

La Ilustración 3 presenta el número final de lombrices por kilogramo de sustrato en los seis tratamientos evaluados. Se observa una tendencia creciente marcada desde el tratamiento T1 hasta el T6.

El tratamiento T1 que fue evaluado con el 100% de agua natural registró el menor promedio con 2,47 lombrices/kg, seguido de T2 con 6,30 lombrices/kg. Posteriormente, T3 y T4 alcanzaron valores intermedios de 7,57 y 8,63 %, respectivamente. El tratamiento T5 mostró un incremento considerable con 10,67 lombrices/kg, mientras que T6 portaba el 100% de agua residual porcina presentó el valor más alto con 15,73 %.

Ilustración 3.cantidad de lombrices por kilogramo de suelo (%)



Estos resultados evidencian que el tratamiento T6 favoreció significativamente la proliferación de lombrices, reflejando mejores condiciones para su reproducción y supervivencia. La diferencia progresiva entre tratamientos sugiere una respuesta positiva al manejo o tipo de sustrato aplicado, incrementándose la densidad poblacional conforme mejoraron las condiciones experimentales.

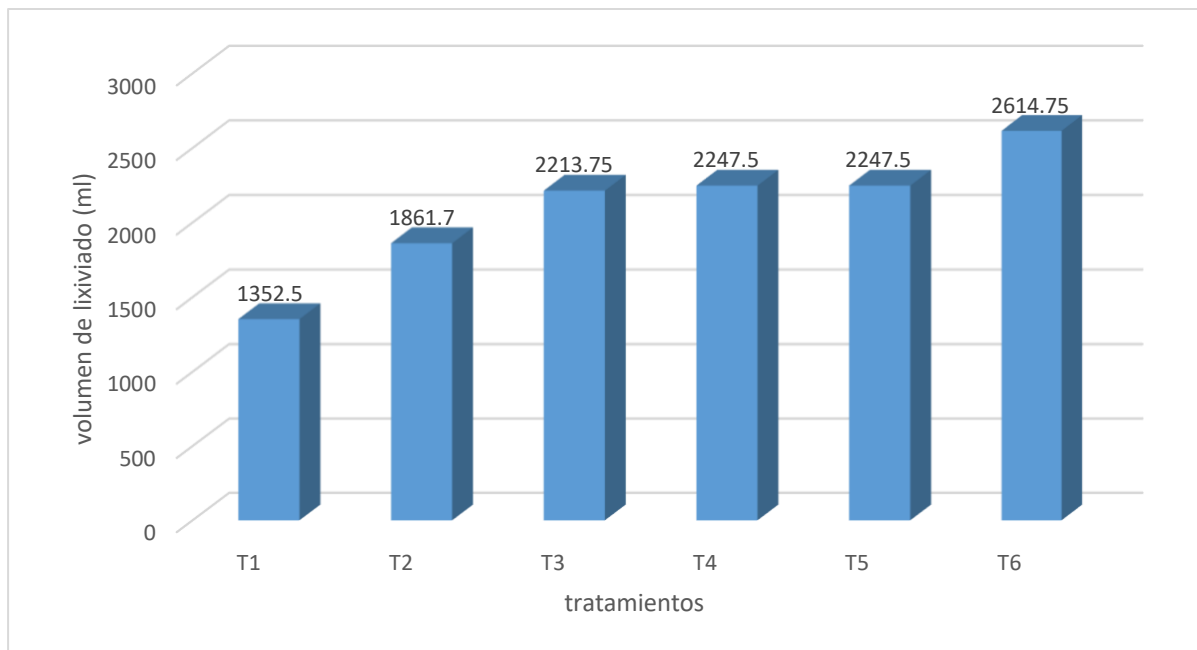
En términos generales, la gráfica demuestra un efecto favorable de los tratamientos sobre el número de lombrices por kilogramo de sustrato, destacándose T6 como el tratamiento más eficiente y T1 como el de menor desempeño productivo.

3.2.3 Lixiviado

La Ilustración 2, muestra el volumen de lixiviado (ml) obtenido en los seis tratamientos evaluados (T1–T6). Se observa una tendencia creciente en la producción de lixiviado conforme avanzan los tratamientos, evidenciando diferencias cuantitativas entre ellos.

El tratamiento T1 presentó el menor volumen con 1352,5 ml, mientras que T6 registró el valor más alto con 2614,75 ml, mostrando una diferencia considerable respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos T3 (2213,75 ml), T4 (2247,5 ml) y T5 (2247,5 ml) presentaron valores intermedios y muy cercanos entre sí, lo que sugiere un comportamiento similar en la generación de lixiviado. Por su parte, T2 alcanzó 1861,7 ml, ubicándose por encima de T1 pero por debajo de los tratamientos con mayor producción.

Ilustración 4. Volumen de lixiviado(ml)



En términos generales, los resultados indican que el tratamiento T6 favoreció una mayor producción de lixiviado, lo que podría estar asociado a una mejor condición del sustrato o mayor actividad biológica de las lombrices. En contraste, T1 mostró menor eficiencia en la generación de lixiviado.

3.1 Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que los tratamientos aplicados influyeron significativamente en el desarrollo biológico de las lombrices y en la producción de lixiviado, confirmando la importancia del manejo del sustrato y de las condiciones ambientales dentro del lombricario. El análisis estadístico (ANDEVA y prueba de Tukey, $\alpha = 0,01$) demostró diferencias altamente significativas entre tratamientos en todas las variables evaluadas, lo que indica que el factor tratamiento fue determinante en la respuesta productiva del sistema.

En la variable peso de lombrices (kg^{-1} de suelo), el tratamiento T6 presentó el mayor valor ($139,33 \text{ kg}^{-1}$), superando ampliamente a los demás tratamientos, mientras que T1 registró el menor peso ($74,33 \text{ kg}^{-1}$). Esta diferencia sugiere que las condiciones proporcionadas en T6 favorecieron una mayor disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes, promoviendo un mejor crecimiento y acumulación de biomasa. La tendencia creciente observada entre tratamientos refleja una respuesta positiva de las lombrices ante mejoras progresivas en el manejo del sustrato.

En cuanto al número de lombrices por kilogramo de sustrato, nuevamente T6 mostró el mejor desempeño ($15,73 \text{ lombrices/kg}$), mientras que T1 presentó el valor más bajo ($2,47 \text{ lombrices/kg}$). Este comportamiento indica que el tratamiento más eficiente no solo favoreció el crecimiento individual, sino también la reproducción y supervivencia de la población, evidenciando condiciones óptimas para el establecimiento y multiplicación de las lombrices.

Respecto al volumen de lixiviado, el tratamiento T6 alcanzó la mayor producción ($2614,75 \text{ ml}$), en contraste con T1, que presentó el valor más bajo ($1352,5 \text{ ml}$). Los tratamientos T3 ($2213,75 \text{ ml}$), T4 ($2247,5 \text{ ml}$) y T5 ($2247,5 \text{ ml}$) mostraron valores intermedios y similares entre sí, mientras que T2 registró $1861,7 \text{ ml}$. La mayor generación de lixiviado en T6 puede estar asociada a una mayor actividad biológica y descomposición de la materia orgánica, posiblemente relacionada con un incremento en la biomasa y densidad poblacional de lombrices. De manera general, los resultados demuestran coherencia entre las variables evaluadas: los tratamientos que favorecieron mayor biomasa y población también presentaron mayores volúmenes de lixiviado. Esto respalda la hipótesis de que un adecuado manejo del sustrato y del riego incide directamente en la eficiencia productiva del lombricario.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

La construcción del lombricario en la granja experimental Río Suma permitió establecer un sistema adecuado para la producción de lixiviado de lombriz, garantizando condiciones óptimas de manejo, protección y funcionamiento del proceso de lombricultura. La implementación de la infraestructura, junto con la cubierta protectora, favoreció la estabilidad ambiental del sustrato, contribuyendo al adecuado desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y a la producción constante de lixiviado, demostrando la viabilidad técnica del sistema.

La evaluación de diferentes dosis de agua residual porcina permitió identificar un nivel de aplicación adecuado que favoreció la producción de lixiviado de lombriz sin generar efectos negativos sobre la supervivencia de las lombrices. Los resultados evidenciaron el tratamiento T6 (100 % agua residual porcina) fue el más eficiente, ya que presentó los mayores valores en producción de lixiviado con el (2614.75 ml), en cantidad de lombrices (15.73 lombrices/kg⁻¹) y peso de lombrices por kilogramo de suelo (139.33kg⁻¹), evidenciando un mejor desarrollo biológico y aprovechamiento de nutrientes dentro del lombricario.

La comparación entre el uso de agua residual porcina y agua limpia mostró diferencias en la cantidad de lombrices por kilogramo de sustrato, evidenciando que el tipo de riego influye directamente en el crecimiento poblacional de *Eisenia foetida*. El uso adecuado de agua residual porcina favoreció el incremento de la población de lombrices, mientras que el riego con agua limpia permitió mantener condiciones estables del sistema, confirmando que ambos tratamientos influyen de manera diferenciada en el desempeño productivo del lombricario.

6. RECOMENDACIONES

- Es fundamental asegurar un manejo adecuado del riego y de la humedad del sustrato durante el experimento, aplicando dosis controladas de agua residual porcina (hasta 2 litros por unidad experimental), ya que estos factores influyen directamente en el desarrollo de las lombrices y en la producción de lixiviado, evitando condiciones de exceso o déficit de humedad que puedan afectar el sistema de lombricultura.
- Se sugiere realizar controles periódicos durante la implementación del lombricario para garantizar condiciones óptimas de funcionamiento y obtener resultados confiables en futuras evaluaciones.
- Se recomienda estandarizar el proceso de implementación del lombricario, especialmente en la preparación del sustrato y la distribución inicial de las lombrices, con el fin de reducir variaciones entre tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriculture., I. J. (2014). Management of municipal solid wastes and production of liquid biofertilizer through vermic activity of epigeic earthworm *Eisenia foetida*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-014-0056-0>
- Arancon, N. Q. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Bioresource Technology*, 98(1), 1–8.
- Castillo Sánchez, J. G. (2021). Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. *Enfoque UTE*, 12(2), 80-99.
- Cedeño, J. & Rojas, C. (2022). potencial del lixiviado de lombriz como fertilizante líquido en agricultura sostenible. *Revista Científica Agroinnovación*, 4(2), 112-120.
- Chachi Martínez, V. G. (2021). Eficiencia del biofiltro de lombrices *Eisenia foetida* para el tratamiento de las aguas residuales de la industria cárnica. *Ate – 2021. Universidad César Vallejo*.
- Contreras-Ramos, S. M.-G.-B. (2021). Lixiviado de vermicomposta como biofertilizante en la agricultura sostenible. . *Revista Internacional de Ciencias Ambientales*, 17(2), 45-53.
- Castillo Sánchez, J. G. (2021). Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. *Enfoque UTE*, 12(2), 80-99.
- Castillo Sánchez, J. G. (2021). Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. *Enfoque UTE*, 12(2), 80-99.
- Cedeño, J. &. (2022). Potencial del lixiviado de lombriz como fertilizante líquido en agricultura sostenible. *Revista Científica Agroinnovación*, 4(2), 112-120.
- Contreras-Ramos, S. M.-G.-B. (2021). Lixiviado de vermicomposta como biofertilizante en la agricultura sostenible. . *Revista Internacional de Ciencias Ambientales*, 17(2), 45-53.

- Domínguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. En *Earthworm Ecology*. *CRC Press.*, 401–424.
- Domínguez, L. &. (2011). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. *Earthworm Ecology*. 413–424.
- Edwards, C. A. (2004). The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. En *Earthworm Ecology*. *CRC Press*.
- Edwards, C. A. (2004). The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. En *Earthworm Ecology*. *CRC Press*.
- Edwards, C. A. (2011). Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management. *CRC Press*.
- Gutiérrez, A. S. (2015). Tratamiento de aguas residuales porcinas mediante procesos biológicos. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 45–56.
- Gutiérrez, A. S. (2015). Tratamiento de aguas residuales porcinas mediante procesos biológicos. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*,. 45–56.
- Intriago Terán, B. A. (2024). Electrocoagulación para tratamiento de aguas residuales en el hato porcino de la ESPAM MFL. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*.
- Pineda, R. V. (2023). Aplicación de lombricultura para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales: un enfoque hacia la economía circular. *Revista Agroecológica y Sustentabilidad*, 5(1), 55-63.
- Pant, A. P. (2012). Vermicompost extracts influence growth and nutrient content in plants. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 160, 17–25.
- Pineda, R. V. (2023). Aplicación de lombricultura para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales: un enfoque hacia la economía circular. *Revista Agroecológica y Sustentabilidad*, 5(1), 55-63.
- Román Sánchez, G. M. (2020). Vermifiltración con lombriz roja (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de aguas residuales (Tesis de grado). *Repositorio Científica*.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de cantidad de lombrices 1

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| CLF | 18 | 0,90 | 0,86 | 9,45 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|----------|----|---------|-------|---------|
| Modelo | 9359,11 | 5 | 1871,82 | 22,48 | <0,0001 |
| TRAT | 9359,11 | 5 | 1871,82 | 22,48 | <0,0001 |
| Error | 999,33 | 12 | 83,28 | | |
| Total | 10358,44 | 17 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=32,14505

Error: 83,2778 gl: 12

TRAT Medias n E.E.

| | | | | |
|----|--------|---|------|-----|
| T1 | 74,33 | 3 | 5,27 | a |
| T5 | 75,00 | 3 | 5,27 | a |
| T4 | 86,67 | 3 | 5,27 | a b |
| T2 | 92,67 | 3 | 5,27 | a b |
| T3 | 111,33 | 3 | 5,27 | b c |
| T6 | 139,33 | 3 | 5,27 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Anexo 2. Peso de lombrices por kg de sustrato 1

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Kg L F | 18 | 0,74 | 0,64 | 34,09 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 297,37 | 5 | 59,47 | 6,98 | 0,0028 |
| TRAT | 297,37 | 5 | 59,47 | 6,98 | 0,0028 |
| Error | 102,19 | 12 | 8,52 | | |
| Total | 399,56 | 17 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=10,27946

Error: 8,5161 gl: 12

TRAT Medias n E.E.

| | | | | |
|----|-------|---|------|-----|
| T5 | 2,47 | 3 | 1,68 | a |
| T2 | 6,30 | 3 | 1,68 | a b |
| T1 | 7,57 | 3 | 1,68 | a b |
| T4 | 8,63 | 3 | 1,68 | a b |
| T3 | 10,67 | 3 | 1,68 | a b |
| T6 | 15,73 | 3 | 1,68 | b |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Anexo 3. Volumen de lixiviado 1

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Lix (ml) | 24 | 0,59 | 0,37 | 40,13 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|------|----|----|----|---|---------|
|------|----|----|----|---|---------|

| | | | | | |
|--------|-------------|----|------------|------|--------|
| Modelo | 11341905,25 | 8 | 1417738,16 | 2,7 | 0,0465 |
| TRAT | 11231381,53 | 5 | 2246276,31 | 4,27 | 0,0129 |
| Error | 7882540,67 | 15 | 525502,71 | | |
| Total | 19224445,91 | 23 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=1216,21887

Error: 525502,7111 gl: 15

TRAT Medias n E.E.

| | | | | |
|----|---------|---|---|---|
| T4 | 2247,5 | 4 | A | |
| T1 | 1352,5 | 4 | A | B |
| T2 | 1861,7 | 4 | A | B |
| T3 | 2213,75 | 4 | | B |
| T5 | 2247,5 | 4 | | B |
| T6 | 2614,75 | 4 | | B |

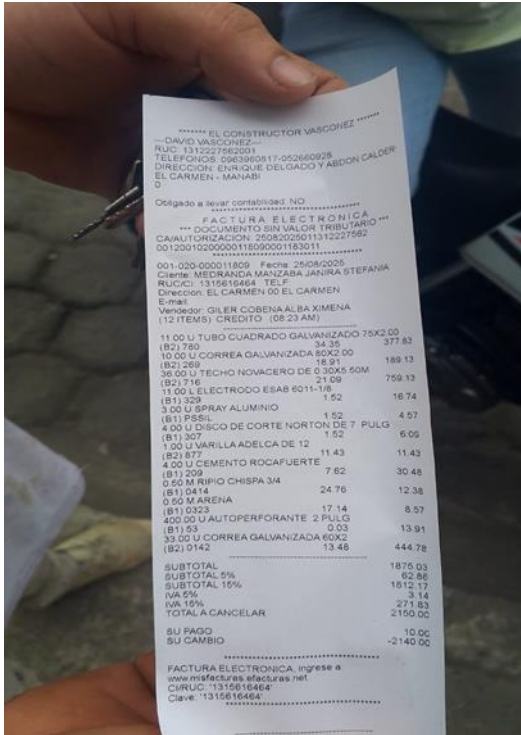
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)



Anexo 4. Planificación para el lombricario y medición del terreno 1



Anexo 5. Construcciones y finalización de la cubierta 1



Anexo 6. Compra de materiales de construcción 1



Anexo 7. Ubicación de las camas y llenado de sustrato 1



Anexo 8. Colocación y alimentación de lombrices a sus respectivas camas 1



Anexo 9. Aplicación de los tratamientos 1



Anexo 10. Seguimiento del proceso y recolección del lixiviado 1



Jeniffer Patricia Palma Chavez

8%
Textos sospechosos

- 8% Similitudes < 1% similitudes entre comillas 0% entre las fuentes mencionadas
- 10% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 25% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)

Nombre del documento: Jeniffer Patricia Palma Chavez.docx
 ID del documento: 9e9e0d350a877c0cee36f47221ae63960d5cf9a8
 Tamaño del documento original: 3,67 MB

Depositante: Ricardo González Dávila
 Fecha de depósito: 28/1/2026
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 28/1/2026

Número de palabras: 7230
 Número de caracteres: 51.071

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 | Suplementación de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) sobre ... #750032 Viene de de mi grupo 29 fuentes similares | 4% | | Palabras idénticas: 4% (305 palabras) |
| 2 | TESIS_FINAL_(EDISON ALAVA).docx TESIS_FINAL_(EDISON ALAVA) #16781c Viene de de mi grupo 11 fuentes similares | 4% | | Palabras idénticas: 4% (271 palabras) |
| 3 | scielo.senescyt.gob.ec http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v12n2/1390-6542-enfoqueute-12-02-00080.pdf 21 fuentes similares | 2% | | Palabras idénticas: 2% (166 palabras) |
| 4 | Documento de otro usuario #132346 Viene de de otro grupo 16 fuentes similares | 1% | | Palabras idénticas: 1% (116 palabras) |
| 5 | cia.uagraria.edu.ec https://cia.uagrana.edu.ec/Archivos/DE LA CRUZ GONZALEZ MARCY YOMIRA_compressed(1)... 16 fuentes similares | 1% | | Palabras idénticas: 1% (118 palabras) |

Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|-------------|--|
| 1 | dspace.utb.edu.ec https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16137/E-UTB-FACIAG-AGRON-000153.pdf?.. | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (31 palabras) |
| 2 | repositorio.uan.edu.co http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/9157/1/2023_BryanRodriguez | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (13 palabras) |
| 3 | repositoriotec.tec.ac.cr https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3013/granjas_porcinas.pdf?sequence=1 | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |
| 4 | Documento de otro usuario #175021 Viene de de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |
| 5 | planetatente.blogspot.com PROCESO DEL LOMBRICOMPOSTAJE http://planetatente.blogspot.com/2025/05/el-Hombricario-es-una-herramienta.html | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 | Anderson Jair Romero Sandoval.docx Anderson Jair Romero Sandoval #092680 Viene de de mi biblioteca | 7% | | Palabras idénticas: 7% (528 palabras) |
| 2 | Josue Adrian Zambrano Ferrin.docx Josue Adrian Zambrano Ferrin #02333d Viene de de mi biblioteca | 5% | | Palabras idénticas: 5% (351 palabras) |
| 3 | SILVA LAIDY.docx SILVA LAIDY #531558 Viene de de mi grupo | 4% | | Palabras idénticas: 4% (262 palabras) |

Ricardo González Dávila
Ing. Raúl González