

**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 evaluar tipos de riego en lechos  
de *Eisenia foetida*”**

**AUTOR:** Zambrano Vera Glover Steven.

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

El Carmen, enero del 2026.

|                                                                                   |                                                                                            |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO:                                                                      | CÓDIGO: PAT-04-F-004          |
|                                                                                   | CERTIFICADO DE TUTOR(A)                                                                    |                               |
|                                                                                   | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1<br>Página 2 de 47 |

### 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 **Zambrano Vera Glover Steven**, 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 evaluar tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*”**

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 del 2026.

Lo certificado,



Ing. Ricardo Paul González Dávila, M.C

**Docente Tutor**

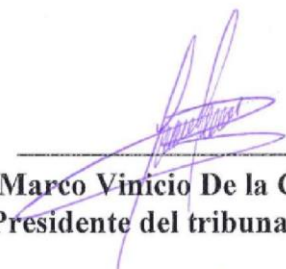
**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria.

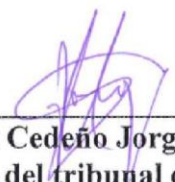


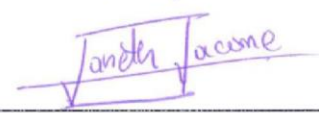
**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE  
MANABÍ EXTENSIÓN EL CARMEN  
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado **“Implementación de lombricario para evaluar tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*”**, cuya autor es **Glover Steven Zambrano Vera** de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y como Tutor de Trabajo de Titulación Ing. Ricardo Paúl González Dávila, M.C

El Carmen, febrero de 2026

  
Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, Mg.  
Presidente del tribunal de titulación

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

  
Ing. Jácome Gómez Janeth Rocío, PhD.  
Miembro del tribunal de titulación

  
**Uleam**

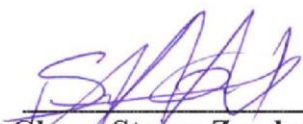


### DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: **“Implementación de lombricario para evaluar tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*”** corresponde exclusivamente a **Glover Steven Zambrano Vera** con C.I. 1351277130 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

**Autor**



---

**Glover Steven Zambrano Vera**  
C.I. 1351277130



## DEDICATORIA

*“Lo imposible cuesta un poco más, y derrotados son solo aquellos que bajan los brazos y se entregan.”- José Mujica*

A mi madre María Auxiliadora Vera Burgos y a mi padre Olover Ausilio Zambrano Zambrano, se la dedico a ellos, que fueron el pilar fundamental para que esto se hiciera posible, ya que, con su apoyo incondicional, sus enseñanzas, su sencillez y humildad, me han guiado paso a paso en mi formación personal y académica. Este logro es para ustedes por el esfuerzo que han hecho por mí.

**Zambrano Vera Glover Steven**

## **AGRADECIMIENTO**

*"La recompensa de nuestro trabajo no es lo que obtenemos sino en lo que nos convertimos."- Paulo Coelho.*

Agradezco profundamente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en un entorno académico comprometido con la excelencia y el desarrollo integral.

Expreso mi sincera gratitud a mi familia, por su apoyo incondicional, por estar presente en cada etapa de este camino y ser mi principal fuente de fortaleza y motivación.

También agradezco a mis compañeros de clase, con quienes compartí experiencias, desafíos y aprendizajes que enriquecieron significativamente mi formación personal y profesional.

**Zambrano Vera Glover Steven**

## ÍNDICE

|                                                                                       |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| .....                                                                                 | I                                    |
| <b>TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....</b>                                                    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....</b>                                                   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>DEDICATORIA .....</b>                                                              | <b>5</b>                             |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>                                                            | <b>6</b>                             |
| <b>ÍNDICE.....</b>                                                                    | <b>7</b>                             |
| <b>INDICE DE TABLAS.....</b>                                                          | <b>10</b>                            |
| <b>INDICE DE FIGURAS .....</b>                                                        | <b>11</b>                            |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>                                                         | <b>12</b>                            |
| <b>RESUMEN .....</b>                                                                  | <b>13</b>                            |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                 | <b>14</b>                            |
| <b>CAPÍTULO I.....</b>                                                                | <b>15</b>                            |
| <b>1.1 TÍTULO.....</b>                                                                | <b>15</b>                            |
| <b>1.2 INTRODUCCIÓN.....</b>                                                          | <b>15</b>                            |
| <b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>                                            | <b>16</b>                            |
| <b>1.4 JUSTIFICACIÓN .....</b>                                                        | <b>17</b>                            |
| <b>1.5 OBJETIVOS .....</b>                                                            | <b>18</b>                            |
| <b>1.5.1 Objetivo general.....</b>                                                    | <b>18</b>                            |
| <b>1.5.2 Objetivos específicos .....</b>                                              | <b>18</b>                            |
| <b>1.6 HIPÓTESIS .....</b>                                                            | <b>18</b>                            |
| <b>1.7 METODOLOGÍA.....</b>                                                           | <b>18</b>                            |
| <b>1.7.1 Localización de la unidad experimental .....</b>                             | <b>18</b>                            |
| <b>1.7.2 Caracterización climatológica de la zona .....</b>                           | <b>19</b>                            |
| <b>1.7.3 Materiales y equipos .....</b>                                               | <b>19</b>                            |
| <b>1.7.4 Construcción de lombricario.....</b>                                         | <b>20</b>                            |
| <b>1.7.5 Implementación del sistema de riego para las camas para la lombriz .....</b> | <b>21</b>                            |
| <b>1.7.6 Implementación de los sistemas de riego.....</b>                             | <b>22</b>                            |
| <b>Variables independientes .....</b>                                                 | <b>22</b>                            |
| <b>Variables dependientes .....</b>                                                   | <b>23</b>                            |
| <b>1.7.7 Medición de las variables.....</b>                                           | <b>23</b>                            |
| <b>1.7.8 Tratamientos .....</b>                                                       | <b>23</b>                            |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.7.10 Análisis de varianza .....                                           | 23 |
| 1.7.11 Características de las unidades experimentales .....                 | 24 |
| CAPÍTULO II.....                                                            | 25 |
| MARCO TEÓRICO .....                                                         | 25 |
| 2.1 Lombricario .....                                                       | 25 |
| 2.2 <i>Eisenia foetida</i> .....                                            | 25 |
| 2.3 Sistema de riego por goteo.....                                         | 29 |
| 2.4 Sistema de riego por aspersión .....                                    | 30 |
| 2.5 Sistema de riego por microaspersión .....                               | 30 |
| 2.6 Riego por aspersión .....                                               | 30 |
| 2.7 Riego de subsuelo .....                                                 | 31 |
| 2.8 Tipos de riego en lombricultura.....                                    | 31 |
| 2.8.1 Riego manual .....                                                    | 32 |
| 2.8.2 Riego por aspersión .....                                             | 32 |
| 2.9 Importante sobre la humedad.....                                        | 33 |
| 2.10 Sustratos para producción de lombrices (con respaldo científico) ..... | 33 |
| 2.10.1 Estiércol animal.....                                                | 33 |
| 2.10.2 Residuos vegetales y agrícolas .....                                 | 33 |
| 2.10.3 Sustratos combinados (eficiencia mejorada).....                      | 34 |
| 2.11 Consideraciones clave.....                                             | 34 |
| TRABAJOS RELACIONADOS .....                                                 | 35 |
| CAPÍTULO III .....                                                          | 37 |
| DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....                                            | 37 |
| 3.1 Descripción del sistema (implementación).....                           | 37 |
| CAPÍTULO IV .....                                                           | 38 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                | 38 |
| 4.1 Número de lombrices por kilogramo .....                                 | 38 |
| Discusión .....                                                             | 38 |
| 4.2 Longitud promedio de las lombrices .....                                | 39 |
| Discusión .....                                                             | 39 |
| 4.3 Diámetro promedio de las lombrices .....                                | 41 |
| Discusión .....                                                             | 41 |
| CAPÍTULO V .....                                                            | 35 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                        | 35 |
| 5.1 Conclusiones.....                                                       | 35 |
| 5.2 Recomendaciones .....                                                   | 36 |



|                    |    |
|--------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA ..... | 37 |
| ANEXOS .....       | 39 |
| ANEXO 1 .....      | 40 |
| ANEXO 2 .....      | 40 |
| ANEXO 3 .....      | 40 |
| ANEXO 4 .....      | 41 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Distribución de tratamientos y repeticiones .....      | 27 |
| <b>Tabla 2.</b> Variables evaluadas en el experimento .....            | 35 |
| <b>Tabla 3.</b> Número de lombrices por repetición y tratamiento ..... | 41 |
| <b>Tabla 4.</b> Análisis estadístico del número de lombrices .....     | 43 |
| <b>Tabla 5.</b> Longitud promedio por tratamiento .....                | 44 |
| <b>Tabla 6.</b> Diámetro promedio por tratamiento .....                | 45 |
| <b>Tabla 7.</b> Producción de humus por tratamiento .....              | 47 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación del área experimental .....          | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Diseño del lombricario experimental .....      | 28 |
| <b>Figura 3.</b> Número de lombrices por tratamiento .....      | 42 |
| <b>Figura 4.</b> Longitud promedio de lombrices (cm) .....      | 44 |
| <b>Figura 5.</b> Diámetro promedio de lombrices (mm) .....      | 46 |
| <b>Figura 6.</b> Producción de humus por tratamiento (kg) ..... | 48 |
| <b>Figura 7.</b> Sistema de riego por microaspersión .....      | 30 |
| <b>Figura 8.</b> Sistema de riego por goteo .....               | 31 |
| <b>Figura 9.</b> Sistema de riego por subsuelo .....            | 32 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza el numero de lombrices por kg de suelo .....        | 40 |
| <b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza de la longitud (mm) de <i>Eisenia foetida</i> ..... | 40 |
| <b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza del diámetro (mm) de <i>Eisenia foetida</i> .....   | 40 |
| <b>Anexo 4.</b> Descripción grafica del desarrollo de la investigación .....             | 41 |

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de tres sistemas de riego (microaspersión, goteo y subsuelo) sobre el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, con el objetivo de determinar el método más eficiente en términos productivos y de optimización del recurso hídrico. El experimento se desarrolló en la fase inicial (ocho primeras semanas) de una explotación de lombrices bajo un lombricario experimental con tres tratamientos de riego: T1 (microaspersión), T2 (goteo) y T3 (subsuelo). Las variables que se evaluaron incluyeron: número de lombrices por kilogramo de sustrato, longitud y diámetro de lombriz. Los resultados estadísticos mostraron que el tratamiento T1 presentó diferencias significativas frente a los demás, destacándose por mantener una humedad uniforme y adecuada en el sustrato, lo que favoreció el incremento poblacional y la producción de humus. El tratamiento T2 mostró resultados homogéneos y adecuados, sin diferencias significativas respecto a T3. Por su parte, el riego por subsuelo permitió reducir la evaporación, aunque requiere un manejo técnico cuidadoso para evitar condiciones anaeróbicas en la cama de las lombrices. Se concluye que la microaspersión es el sistema más eficiente para la producción de humus en camas de *Eisenia foetida*, debido a su influencia positiva en el desarrollo poblacional y estabilidad de la humedad.

**Palabras clave:** Anélidos, vermicompost, riego, lombricario

## ABSTRACT

In the present study, the effect of three irrigation systems (micro-sprinkler, drip, and subsurface) on the growth and development of the California red worm *Eisenia foetida* was evaluated, with the objective of determining the most efficient method in terms of productivity and water resource optimization. The experiment was conducted during the initial phase (first eight weeks) of a vermiculture operation in an experimental vermiculture unit, with three irrigation treatments: T1 (micro-sprinkler), T2 (drip), and T3 (subsurface). The variables evaluated included: number of worms per kilogram of substrate, worm length, and worm diameter. Statistical results showed that treatment T1 presented significant differences compared to the other treatments, standing out for maintaining uniform and adequate substrate moisture, which favored population growth and humus production. Treatment T2 showed homogeneous and adequate results, with no significant differences compared to T3. Subsurface irrigation reduced evaporation; however, it requires careful technical management to prevent anaerobic conditions in the worm beds. It is concluded that micro-sprinkler irrigation is the most efficient system for humus production in *Eisenia foetida* beds, due to its positive influence on population development and moisture stability.

**Keywords:** Annelids, vermicompost, irrigation, worm farm

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 TÍTULO**

Implementación de lombricario para evaluar tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*

### **1.2 INTRODUCCIÓN**

La vermicultura se describe como una alternativa sostenible para la gestión de residuos orgánicos y la producción de fertilizantes naturales para mejorar la fertilidad del suelo mientras se reduce el impacto ambiental. La eficiencia de esta práctica, su bajo costo y fácil implementación han resultado en su aceptación gradual en los sistemas agroecológicos junto con varias ventajas ambientales, económicas y productivas. *Eisenia foetida* es una especie extremadamente versátil para este propósito; puede reproducirse rápidamente y convierte el material de biomasa orgánica en humus de alta calidad, convirtiéndose en un actor clave en la vermicultura. Múltiples factores influyen en el desarrollo óptimo de esta especie; la humedad del sustrato es uno de los mayores determinantes para la supervivencia, actividad biológica y productividad de la especie (Domínguez J. &, 2011).

El riego de las camas para vermicultura es necesario para mantener una humedad adecuada que airee el sustrato y fomente la actividad microbiana para la descomposición. Las malas prácticas de riego pueden llevar a condiciones desfavorables, como el exceso o la falta de humedad, que arruinan el crecimiento de los gusanos y resultan en humus de baja calidad. Se puede establecer una granja de lombrices en camas de *Eisenia foetida* para investigar múltiples métodos de riego con el fin de analizar su respectivo efecto en el rendimiento general del sistema. (Edwards C. A., 1996)

La esencia de este estudio es identificar un método de riego eficiente para optimizar las condiciones de las camas, consolidar prácticas agroecológicas sostenibles y promover el uso adecuado de los recursos naturales en la agricultura. (Garg P. G., 2006)

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador, se generan aproximadamente 4,5 millones de toneladas de residuos orgánicos al año, de los cuales más del 60 % proviene de desechos domésticos y agrícolas según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022). A pesar de este volumen significativo, gran parte de estos residuos no son aprovechados adecuadamente, lo que contribuye a la contaminación del suelo, cuerpos de agua y al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero. Frente a esta realidad, la lombricultura surge como una alternativa sostenible, que permite transformar la materia orgánica en productos de alto valor agrícola como el humus sólido y el lixiviado líquido, mediante el uso de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*).

Uno de los factores que inciden directamente en la eficiencia del proceso de vermicompostaje es el tipo de riego aplicado en los lechos o camas, ya que de este depende el equilibrio de humedad, oxigenación y la movilidad de las lombrices. En muchos sistemas artesanales, el exceso o déficit de agua puede provocar anaerobiosis (ausencia de oxígeno), acumulación de lixiviado tóxico, o incluso la mortalidad de las lombrices, reduciendo la calidad del biofertilizante (Domínguez J. &, 2011).

Implementar un lombricario experimental que permita evaluar diferentes métodos de riego (por goteo, aspersión y manual) en lechos con *Eisenia foetida* no solo contribuiría a optimizar la producción de humus y lixiviado, el proceso de tiene múltiples beneficios, entre ellos la producción de un abono orgánico de alta calidad llamado humus de lombriz, la mejora de la estructura y fertilidad del suelo, y el reciclaje de residuos orgánicos de forma en que las lombrices ayudan a airear el suelo y a mejorar la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Así, se responde no solo a un desafío ambiental, sino también social, al fomentar prácticas agroecológicas que promuevan el uso eficiente de los recursos y la generación de oportunidades sustentables en comunidades rurales y urbanas.



En la lombricultura, el manejo adecuado del riego es fundamental para garantizar condiciones óptimas de humedad en los lechos donde se cultiva *Eisenia foetida*, una especie clave para la producción de vermicompost. La humedad influye directamente en la supervivencia, reproducción y actividad de estas lombrices, por lo que es importante evaluar cómo los diferentes tipos de riego pueden afectar estos factores. En este contexto, surge la pregunta de investigación: ¿cómo influyen los tipos de riego en los lechos de *Eisenia foetida*? Abordar esta interrogante permitirá identificar las técnicas de riego más efectivas para mantener la salud de las lombrices y mejorar la eficiencia del proceso de vermicompostaje.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un lombricario basado en aguas residuales y lechos de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) representa una solución ecológica, económica y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales y urbanas.

La lombriz roja californiana ha demostrado ser altamente eficiente en la remoción de contaminantes presentes en aguas residuales. Investigaciones han reportado una reducción significativa en parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales. Por ejemplo, en un estudio realizado en el cantón Quevedo, Ecuador, se observó una disminución del DQO de 37,25 a 1,07 mg L<sup>-1</sup> y de la DBO de 44,3 a 2,92 mg L<sup>-1</sup> tras el tratamiento con *Eisenia foetida* y lenteja de agua (*Lemna minor*)

Otro beneficio de trabajar con este tipo de lombriz es en la transformación de lodos residuales en abonos orgánicos por lo cual se aprovecha al máximo, debido a que tiene un bajo costo y que todo el proceso del lombricario es natural y no necesita de energía eléctrica, por lo cual se convierte en una alternativa económica y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Implementar lombricario para evaluar tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Implementar un lombricario en la Granja Experimental Río Suma.
- Evaluar tres tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*.

## **1.6 HIPÓTESIS**

**Ho.** El sistema de riego no influye significativamente en el desarrollo poblacional de *Eisenia foetida*.

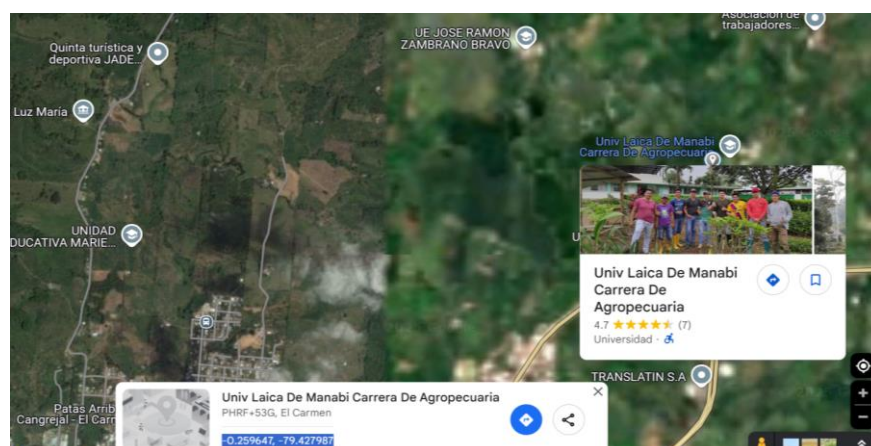
**Hi.** El sistema de riego influye significativamente en el desarrollo poblacional de *Eisenia foetida*.

## **1.7 METODOLOGÍA**

### **1.7.1 Localización de la unidad experimental**

El estudio se llevó a cabo en área de lombricultura de la Granja Experimental “Río Suma”, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El área de ensayo se localiza en las coordenadas geográficas -0.259647 de latitud y -79.427987 de longitud, disponiendo donde se dispone de instalaciones técnicas adecuadas para el cuidado y producción de bioinsumos provenientes de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

**Figura 1.** Localización del proyecto de investigación



**Nota.** Tomado de Google Maps, (2025).

### 1.7.2 Caracterización climatológica de la zona

Las características agroclimáticas del cantón El Carmen, provincia de Manabí se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Características climatológicas de la localidad

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

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

### 1.7.3 Materiales y equipos

Para la implementación del lombricario en la Granja Experimental Río Suma, se emplearon principalmente los siguientes materiales y equipos.

### ***Materiales para la implementación del lombricario***

- Material pétreo: Grava y arena.
- Acero estructural y de cubierta.
- Materiales y accesorios para construcción metálica

### ***Materiales y equipos para implementación de los sistemas de riego***

- Bomba de agua.
- Termómetro de suelo y humedad.
- Otros: palas, picos, carretillas, recipientes.
- Goteros
- Aspersores

#### **1.7.4 Construcción de lombricario**

Incluyó la construcción de bases, ubicación de columnas (tubo cuadrado galvanizado) y posterior instalación de las láminas de “Duratecho”, donde posteriormente se ubicaron las camas para el crecimiento de la *Eisenia foetida*. El proceso se dividió en las siguientes fases:

#### **Diseño y delimitación del área:**

Se delimitaron las áreas respectivas a cada unidad experimental, teniendo en cuenta el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales (camas) de 1 m<sup>2</sup> cada una.

#### ***Construcción de camas:***

- Las camas fueron construidas con bloques de cemento, tuvieron dimensiones aproximadas de 1 m de largo x 1,0 m de ancho y 0,30 m de profundidad.
- El interior de cada cama fue revestido con una capa de mortero de 5 cm para garantizar la impermeabilización.

### ***Preparación del sustrato:***

El sustrato fue ubicado dentro de las camas y estuvo conformado por una mezcla homogénea de suelo de montaña, estiércol seco, residuos vegetales y fibra orgánica. Luego de colocar el sustrato en las camas se dejó en reposo durante 10 días para su estabilización.

### ***Incorporación de lombrices:***

Para el establecimiento del experimento se incorporó 1 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en cada unidad experimental, equivalente aproximadamente a 800–1000 individuos entre adultos y juveniles. Las lombrices fueron distribuidas uniformemente sobre el lecho previamente acondicionado, asegurando condiciones adecuadas de humedad, aireación y temperatura para facilitar su adaptación y desarrollo.

### ***Implementación del riego:***

- Posterior a la ubicación de las lombrices en las camas se realizó el riego según los tratamientos.
- La frecuencia de riego fue cada 48 horas hasta alcanzar la capacidad de campo del sustrato de cada cama. Se regó cada cama empleando agua con diferentes tipos de riego establecidas en los tratamientos.

#### **1.7.5 Implementación del sistema de riego para las camas para la lombriz**

El sustrato fue mantenido dentro de un rango de 60 % a 80 % de su capacidad de campo, considerado óptimo para el desarrollo fisiológico y reproductivo de *Eisenia foetida*. El monitoreo de humedad se realizó cada 48 horas mediante método gravimétrico y verificación manual.

El tratamiento T1 (Microaspersión) consistió en la aplicación de agua mediante microaspersores con distribución superficial uniforme, permitiendo una cobertura homogénea del lecho. El sistema trabajó con un caudal de 35 L/h por microaspersor, aplicando riegos de

10 minutos por jornada, dependiendo de la pérdida de humedad observada en el sustrato. La frecuencia de riego fue de dos veces por semana.

El tratamiento T2 (Goteo) se implementó mediante cinta de riego con emisores de 17 L h<sup>-1</sup>, distribuyendo el agua de manera localizada a lo largo del lecho, con una separación entre emisores de 20 cm. El riego se aplicó durante 20 minutos por jornada, con una frecuencia de dos veces por semana, buscando alcanzar el mismo rango de humedad establecido.

El tratamiento T3 (Riego por subsuelo) consistió en la instalación de tubería perforada a 10 cm de profundidad, permitiendo la infiltración ascendente del agua y manteniendo la humedad desde la parte inferior del sustrato. El sistema trabajó con un caudal estimado de 0,2 L/min, aplicando riegos de 25 minutos por jornada, con una frecuencia de dos veces por semana.

#### **1.7.6 Implementación de los sistemas de riego (T1: aspersión T1, goteo: T2 y subsuperficial: T3).**

El sistema de microaspersión presentó un radio de cobertura de 1,2 m, con separación entre emisores de 1,0 m y presión de trabajo de 20 PSI, garantizando uniformidad en la distribución del agua sobre la superficie del lecho y evitando encharcamientos.

El sistema de riego por goteo contó con emisores espaciados a 20 cm, con un caudal nominal de 1,7 L h<sup>-1</sup> por emisor, asegurando aplicación controlada y localizada del recurso hídrico, reduciendo pérdidas por evaporación.

El sistema de riego por subsuelo utilizó tubería PVC de 16 mm de diámetro, instalada a 10 cm de profundidad, con perforaciones cada 15 cm, lo que permitió una distribución homogénea de la humedad en el perfil del sustrato y redujo la evaporación superficial.

#### **Variables independientes**

- Sistemas de riego para los lechos de lombrices

### Variables dependientes

- Número de lombrices por kg de sustrato
- Longitud promedio de lombrices
- Diámetro promedio de lombrices

#### 1.7.7 Medición de las variables

- **Número de lombrices por kg:** Para determinar esta variable al final del experimento (60 días), de cada cama se extrajo 1kg de sustrato, de donde posteriormente se separaron las lombrices y se realizó el conteo, lo que posibilitó calcular el aumento de la población en los diferentes tratamientos.

#### 1.7.8 Tratamientos

En el marco de esta investigación, se evaluaron los tratamientos definidos en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Tratamientos para evaluar el impacto de diferentes tipos de riego en lechos lombriz roja californiana Eisenia foetida.*

| Tratamiento | Descripción              |
|-------------|--------------------------|
| T1          | Riego por microaspersión |
| T2          | Riego por goteo          |
| T3          | Riego subsuperficial     |

#### 1.7.10 Análisis de varianza

Para el análisis de varianza (Tabla 2) se ejecutó la prueba de significación de Tukey al 5% mediante la asistencia del software estadístico INFOSTAT versión 2020.

**Tabla 2.** *Evaluación de diferentes tipos de riego en lechos de Eisenia foetida.*

| Fuente de Variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Total               | 11                 |
| Tratamientos        | 2                  |
| Repeticiones        | 3                  |
| Error Experimental  | 6                  |

#### 1.7.11 Características de las unidades experimentales

**Tabla 3.** *Características de las unidades experimentales para aplicación de sistemas de riego en camas de lombriz Eisenia foetida.*

| Características de las unidades experimentales | Datos               |
|------------------------------------------------|---------------------|
| Número de unidades experimentales              | 12.0                |
| Área de las unidades experimentales            | 1,0 m <sup>2</sup>  |
| Área total del ensayo                          | 12,0 m <sup>2</sup> |



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Lombricario

La vermicompostura representa una alternativa biotecnológica basada en la digestión de residuos orgánicos por parte de lombrices. Su implementación permite mitigar el uso desmedido de agroquímicos, abordando desafíos globales como la contaminación ambiental y los elevados costos de producción. Al ser un abono integral, no solo potencia el rendimiento de las cosechas, sino que optimiza de forma sustancial la estructura física, química y microbiológica del suelo. (Bravo, 2025)

De acuerdo con (Oseguera, 2019), la lombricultura representa una alternativa biotecnológica basada en la digestión de residuos orgánicos por parte de las lombrices en sinergia con diversos microorganismos. Gracias a su elevado contenido de macro y micronutrientes, este insumo actúa como un agente regenerador de las redes tróficas al estimular la actividad de la biota edáfica. En este sentido, la transformación de desechos en abono de alta calidad permite restaurar el equilibrio biológico del suelo, garantizando una nutrición vegetal completa y sostenible.

#### 2.2 *Eisenia foetida*

La dinámica biológica de la lombriz varía significativamente según el tipo de sustrato orgánico o agua residual al que es expuesta. Si bien los restos de frutas son medios aptos para su desarrollo, estos influyen directamente en sus tasas reproductivas; no obstante, se ha observado que la integración de residuos leñosos optimiza el crecimiento poblacional de la especie de manera más eficiente. (Canales Gutiérrez, 2020)

*Eisenia foetida*, una especie domesticada con alta capacidad adaptativa, depende estrechamente de las propiedades del sustrato para su óptimo desarrollo y reproducción.

Evidencia de ello es que los tratamientos T1 (residuos vegetales con estiércol bovino) y T3 (residuos vegetales con desechos agroindustriales) generaron un incremento del 34% en la producción de cocones. Esta tendencia positiva también se manifestó en las variables morfométricas, demostrando que la composición química y física de estos sustratos potencia el crecimiento integral de la especie. (Alcívar, 2023).

Taxonómicamente, las lombrices de tierra se clasifican dentro del orden de los oligoquetos. Este término, derivado del griego oligo (escaso) y queto (pelo), hace referencia a las filas de pequeñas cerdas ubicadas en sus zonas ventral y lateral. Dichas estructuras son cruciales para su locomoción, ya que funcionan como puntos de anclaje o agarre mientras se desplazan a través del perfil del suelo. (Romano, 2018)

La longitud de su anatomía varía habitualmente entre los dos y veinte centímetros. La pared corporal se organiza, desde la superficie externa hacia la interna, mediante una cutícula, que consistente en una película sumamente delgada, distinguida por un tono marrón con acabado brillante, una epidermis, compuesta por tejido epitelial simple que alberga células glandulares destinadas a producir secreciones tanto mucosas como serosas, capas musculares, integradas por un par de estratos: uno externo de tipo circular y otro interno de carácter longitudinal, el peritoneo, que constituye la membrana más profunda y funciona como el límite externo de la cavidad celómica y el celoma, que representa una cavidad longitudinal llena de fluido celómico, cuya función es envolver y proteger el tracto alimenticio del espécimen.

La anatomía de la lombriz roja se caracteriza por una división segmentada tanto en su exterior como en su interior, rasgo distintivo de los anélidos. Este organismo posee un total de 95 anillos o segmentos, cuyas funciones varían específicamente de acuerdo con la posición que ocupan en el cuerpo. (Canales Gutiérrez, 2020)

Estas especies cuentan con un esqueleto hidrostático, por lo cual su movimiento depende de las variaciones en la geometría y el tamaño de sus segmentos corporales. La anatomía de la lombriz se divide en múltiples secciones semejantes, cada una constituida por una cavidad con líquido y protegida por dos sistemas musculares: los longitudinales y los circulares. Mediante la contracción de los músculos circulares, el cuerpo se expande, permitiendo ensanchar el espacio en el túnel. Posteriormente, al activar los músculos longitudinales, el organismo se vuelve más fino y se proyecta hacia adelante. Este mecanismo de locomoción les facilita la perforación y el avance a través del terreno. (Romano, 2018)

Al desplazarse, la lombriz puede extender sus segmentos longitudinalmente hasta un 60%, mientras que su reducción circular alcanza aproximadamente un 25%. Cabe destacar que el funcionamiento de ambos sistemas musculares es de naturaleza antagónica; es decir, operan de forma inversa: cuando los músculos longitudinales entran en fase de contracción, los circulares experimentan una relajación, y viceversa, permitiendo así la locomoción del organismo. (Sales, 2021)

En la sección anterior del cuerpo de este anélido se localiza la cavidad bucal, la cual posee un lóbulo musculoso y carnoso en su zona superior. Dicha estructura cuenta con la capacidad de retraerse para sellar la apertura o proyectarse hacia el frente con el fin de explorar el entorno circundante. Asimismo, con excepción del primer segmento, cada anillo corporal dispone de ocho quetas o cerdas retráctiles, las cuales funcionan como elementos de anclaje que facilitan la adherencia de la lombriz a las superficies durante su desplazamiento. (Sales, 2021)

La anatomía de la lombriz de tierra está dominada longitudinalmente por el tracto digestivo, el cual se extiende de un extremo al otro del organismo. En la sección anterior se ubica la cavidad bucal, que funciona como el orificio de entrada; allí, la materia orgánica es

humidificada e inicia una etapa de predigestión mediante un fluido con alta concentración de enzimas. Posteriormente, a través de la contracción coordinada de sus fibras musculares, la faringe actúa como una bomba de succión que aspira el alimento hacia el resto del sistema. (Sales, 2021)

A lo largo del esófago se localizan las glándulas calcíferas, cuya función principal es neutralizar el pH ácido de los residuos vegetales ingeridos. Posteriormente, el alimento es conducido al buche (o papo) para ser trasladado hacia la molleja, donde potentes contracciones musculares realizan la maceración mecánica de la materia. El proceso culmina en el intestino, tramo en el que se ejecuta la fase final de la digestión y ocurre la mayor parte de la absorción de nutrientes por parte del organismo. (Yonatan Solano González, 2024)

El sistema circulatorio de este anélido está constituido por una red de vasos sanguíneos y arcos aórticos contráctiles que actúan como corazones. La estructura principal se compone de dos vasos de gran calibre: uno dorsal y otro ventral, los cuales recorren longitudinalmente al organismo. Complementariamente, una red de vasos secundarios y capilares se encarga de distribuir la sangre hacia todos los tejidos y segmentos del cuerpo. (Yonatan Solano González, 2024)

El sistema respiratorio de la lombriz presenta una estructura simplificada, donde el intercambio gaseoso ocurre de manera cutánea a través de la pared corporal. En cuanto al sistema excretor, este se compone de nefridios, localizados en pares dentro de cada segmento del organismo. Estas estructuras poseen células internas ciliadas cuyos movimientos rítmicos facilitan la extracción y eliminación de los desechos metabólicos acumulados en el celoma. (Alcívar, 2023)

Este anélido posee un sistema nervioso de tipo ganglionar, estructurado a partir de un par de ganglios supra esofágicos desde los cuales se extiende una cadena nerviosa ventral.

Estos centros neuronales superiores se encuentran interconectados mediante comisuras de unión que coordinan la actividad del organismo. A pesar de que las lombrices carecen de la capacidad para procesar imágenes complejas, logran detectar variaciones en la intensidad lumínica gracias a la presencia de fotorreceptores especializados distribuidos en su tejido epitelial. (Alcívar, 2023)

En la cavidad bucal de la lombriz se concentra una elevada densidad de receptores sensoriales, los cuales se asocian con las capacidades gustativas y olfativas del organismo. Es altamente probable que estos especímenes posean también la facultad de percibir estímulos de naturaleza química y térmica en su entorno. En cuanto a su biología reproductiva, las lombrices son organismos hermafroditas, al contar con sistemas reproductores de ambos sexos; no obstante, carecen de mecanismos de autofecundación, por lo que requieren del apareamiento con otros individuos para efectuar el intercambio recíproco de gametos. (Alcívar, 2023)

### **2.3 Sistema de riego por goteo**

El sistema de irrigación por goteo se basa en la administración localizada de agua directamente en la zona radicular de los cultivos a través de dispositivos técnicos denominados goteros. Esta modalidad de riego destaca por su elevada eficiencia operativa, ya que minimiza las pérdidas por evaporación y el escurrimiento superficial innecesario. Como resultado, se fomenta un desarrollo radicular más vigoroso y se reduce la incidencia de patógenos asociados al exceso de humedad foliar. (Ruiz, 2019)

La precisión de esta tecnología permite suministrar a cada ejemplar el volumen hídrico exacto que requiere para su desarrollo. Asimismo, al ser un método que evita el contacto directo del agua con el follaje, actúa como una medida preventiva contra la proliferación de patógenos foliares. Debido a estas características, el riego por goteo se consolida como la

solución óptima para quienes priorizan la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental en sus sistemas de cultivo. (Ruiz, 2019)

#### **2.4 Sistema de riego por aspersión**

Esta modalidad de irrigación es sumamente frecuente tanto en el paisajismo de jardines como en extensiones agrícolas de gran escala. A diferencia del método previo, este sistema presenta un índice de evaporación y desperdicio hídrico superior, si bien es posible optimizar su rendimiento mediante la regulación de la potencia y la orientación del chorro. Para garantizar un uso efectivo, resulta indispensable realizar una planificación técnica sobre la ubicación de cada aspersor, mitigando así el riesgo de saturación hídrica o la formación de áreas sin cobertura de riego. (Mendoza, 2019)

#### **2.5 Sistema de riego por microaspersión**

A diferencia del mecanismo expuesto anteriormente, este procedimiento sigue la misma lógica operativa, con la salvedad de que utiliza un flujo de agua más restringido. Por esta razón, destaca por su eficacia, aunque su implementación está orientada a plantaciones que demandan un suministro hídrico menos intensivo o de menor escala. (Yonatan Solano González, 2024)

#### **2.6 Riego por aspersión**

La técnica de riego por aspersión se fundamenta en la aplicación de agua sobre el terreno emulando la precipitación natural, mediante la eyección de flujo a presión a través de una red de tuberías y su dispersión homogénea sobre la plantación por medio de aspersores. La energía requerida para el funcionamiento del mecanismo se obtiene de bombas hidráulicas, las cuales pueden captar el recurso hídrico desde canales de irrigación, pozos o fuentes fluviales. (Villegas-Cornelio, Vermicompost líquido como bioestimulante en viveros de ají: Evaluación, 2017)

Esta metodología resulta particularmente ventajosa en terrenos de topografía accidentada o en sustratos donde el riego por inundación y el goteo no alcanzan una cobertura

eficaz. Asimismo, este sistema facilita una gestión del agua más optimizada, factor que se vuelve determinante en áreas geográficas que presentan escasez o restricciones en sus reservas hídricas. (Villegas-Cornelio, Vermicompost líquido como bioestimulante en viveros de ají: Evaluación, 2017)

## **2.7 Riego de subsuelo**

El riego subterráneo, también denominado riego enterrado, constituye un método de distribución hídrica que opera bajo la superficie del terreno a través de una red de conductos y emisores técnicos. Al prescindir del contacto directo entre el agua y la capa superficial del suelo, este sistema logra minimizar drásticamente las pérdidas por evaporación y, simultáneamente, inhibe la proliferación de vegetación espontánea o malezas. (Agricultura., 2012)

Su funcionamiento se basa en una infraestructura de tuberías instaladas a profundidad que conducen el recurso hacia goteros integrados de alta precisión. Dichos dispositivos liberan el caudal de forma regulada, generando un bulbo húmedo constante en el entorno radicular de las plantas. Este mecanismo asegura que la absorción de nutrientes y humedad sea óptima, mitigando cualquier riesgo de estrés fisiológico derivado de la saturación o la carencia de agua. (Agricultura., 2012)

## **2.8 Tipos de riego en lombricultura**

En la práctica de la lombricultura, resulta imperativo preservar niveles de humedad óptimos en el sustrato, puesto que los anélidos requieren un entorno hídrico estable para garantizar su supervivencia. Dicha constancia es, asimismo, esencial para que los ejemplares puedan llevar a cabo la descomposición y el procesamiento eficiente de la materia orgánica. (Ramos, 2024)

### **2.8.1 Riego manual**

Esta modalidad consiste en el suministro hídrico directo mediante el uso de mangueras, regaderas o recipientes sobre los lechos de cría. Se emplea frecuentemente en instalaciones de escala reducida o cuando se busca una regulación sumamente específica de la humedad. Entre sus beneficios destacan la baja inversión inicial y la exactitud para prevenir saturaciones, evitando el desperdicio del recurso. No obstante, presenta el inconveniente de exigir una dedicación temporal constante, lo cual incrementa los gastos operativos del sistema. (Toala, 2021)

El suministro hídrico directo a través de mangueras, regaderas o cubetas sobre las camas de crianza se basa en la humectación manual del sustrato, técnica que resulta de gran utilidad en proyectos de pequeña escala o en situaciones donde se requiere una regulación sumamente minuciosa del nivel de humedad ambiental. Sus beneficios primordiales radican en la mínima inversión económica y la exactitud que ofrece para prevenir el encharcamiento del medio; no obstante, su principal limitación es la alta demanda de mano de obra y el monitoreo permanente que exige para conservar los parámetros biológicos estables. (Toala, 2021)

### **2.8.2 Riego por aspersión**

La implementación de aspersores en la lombricultura se basa en el uso de dispositivos diseñados para proyectar agua emulando una precipitación ligera sobre los lechos de cría, lo cual garantiza una hidratación del sustrato significativamente más homogénea que los métodos manuales. Si bien este esquema de irrigación conlleva un desembolso inicial para la adquisición de equipos y la instalación de la red de tuberías, su empleo es altamente aconsejable en proyectos de mediana y gran envergadura, donde la estabilidad hídrica es un factor determinante para el crecimiento y la productividad de la población de lombrices. (Toala, 2021)



## **2.9 Importante sobre la humedad**

Debido a que las lombrices realizan el intercambio gaseoso exclusivamente a través de su epidermis, resulta imperativo conservar la humedad del sustrato en niveles óptimos, usualmente superiores al 50%, para evitar su deshidratación o el desarrollo de procesos anaeróbicos. Por el contrario, una saturación hídrica excesiva puede desalojar el oxígeno retenido en los poros del lecho, lo cual obstaculiza la respiración cutánea de estos anélidos y compromete severamente sus tasas de crecimiento y éxito reproductivo. (Domínguez E. , 2011)

## **2.10 Sustratos para producción de lombrices (con respaldo científico)**

En la lombricultura, los sustratos constituyen los materiales de origen orgánico que actúan simultáneamente como soporte vital y fuente nutricional para los anélidos. Estos insumos proporcionan el entorno necesario para que las lombrices completen su ciclo biológico, permitiendo su crecimiento, reproducción y la eficaz biotransformación de los residuos en un abono orgánico de alta calidad conocido como humus. (Domínguez E. , 2011)

### **2.10.1 Estiércol animal**

Diversas investigaciones han corroborado que la procedencia del estiércol influye directamente en el desarrollo y en la obtención de vermicompost, donde el estiércol bovino: suele ser el más beneficioso para estimular el incremento de biomasa y la productividad de la especie *Eisenia foetida* y desechos de porcinos, ovinos, conejos y aves: representan alternativas viables, no obstante, su aporte nutricional y el tiempo requerido para su degradación presentan variaciones significativas.

### **2.10.2 Residuos vegetales y agrícolas**

Desechos de cosechas: elementos como el follaje, la paja, cáscaras, pedúnculos y restos de pulpa de hortalizas o frutas constituyen sustratos excepcionales con un elevado contenido de carbono.

### 2.10.3 Sustratos combinados (eficiencia mejorada)

- **Residuo de sustrato de cultivo de hongos + estiércol:** puede mejorar crecimiento de lombrices y eficiencia de descomposición.
- **Mejor combinación:** mezclas de residuos con estiércol tienden a equilibrar relación C:N y fomentar microbiota útil en el proceso.
- Sustrato residual de fungicultura con estiércol: Esta asociación tiene el potencial de potenciar el incremento de biomasa en los anélidos y optimizar la celeridad de la degradación orgánica.
- Combinación óptima: La integración de desechos vegetales con deyecciones animales propicia el equilibrio de la relación C:N (carbono: nitrógeno), estimulando además la proliferación de microorganismos beneficiosos para el ciclo de transformación.

### 2.11 Consideraciones clave

Los parámetros de humedad, la proporción carbono: nitrógeno (C: N) y el nivel de acidez (pH) del sustrato constituyen pilares determinantes que condicionan la descomposición de los residuos y la vitalidad de la población. A fin de asegurar un hábitat propicio, es imperativo que los materiales atravesasen una fase previa de degradación antes de sembrar las lombrices; un sustrato excesivamente tierno podría desencadenar reacciones químicas adversas o picos térmicos que comprometerían seriamente la integridad de los ejemplares. (Villegas-Cornelio, Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, 2017).

## **TRABAJOS RELACIONADOS**

Una revisión científica sobre el riego en lombricultura destaca que la humedad adecuada del sustrato es fundamental para la supervivencia y la actividad metabólica de las lombrices. Este hallazgo resalta la importancia de mantener niveles óptimos de humedad a través del riego, ya que asegura un ambiente propicio para el desarrollo y funcionamiento activo de los gusanos en los lombricarios. De esta manera, la gestión adecuada del riego se presenta como un factor clave para el éxito en la lombricultura. (Edwards & Bohlen, 1996)

En cuanto a un estudio experimental, sobre el control de humedad en el vermicompost reveló que niveles inadecuados de humedad reducen significativamente la productividad y la calidad del humus. Estos resultados evidencian el impacto directo que la humedad tiene en el rendimiento de las lombrices, subrayando la necesidad de un control preciso en el manejo del sustrato para optimizar la producción. (Garg V. K., 2006)

Por su parte, una revisión técnica enfocada en el manejo de lechos destacó que la especie *Eisenia foetida* requiere de una humedad constante para asegurar su reproducción y crecimiento adecuados. Este hallazgo proporciona un sustento biológico crucial para evaluar y seleccionar los tipos de riego más efectivos en los sistemas de lombricultura. (Domínguez & Edwards, 2011)

Otro estudio experimental se centró en la frecuencia de riego y encontró que realizar riegos periódicos contribuye a mejorar la biomasa y la reproducción de las lombrices. Estos resultados ofrecen una fundamentación metodológica que puede utilizarse en estudios comparativos y en la planificación de estrategias de riego para maximizar la producción. (Estudios Universitarios , 2015-2022)

Finalmente, una revisión especializada estableció que mantener la humedad del sustrato en un rango del 60 al 80 % es esencial para evitar condiciones anaeróbicas que pueden

perjudicar a las lombrices. Este estudio define parámetros de referencia claros que facilitan una adecuada gestión del riego en lombricarios, garantizando un ambiente favorable para las lombrices. (Revisiones Sobre Vermicompostaje , 2020-2023)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Descripción del sistema (implementación)

La cubierta del lombricario fue diseñada con el objetivo de resguardar el sistema de lombricultura frente a condiciones climáticas adversas, como la radiación solar directa, lluvias intensas y variaciones bruscas de temperatura. Esta estructura crea un ambiente controlado que favorece el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), al mantener niveles adecuados de humedad y temperatura en el sustrato. El diseño incluye una inclinación que facilita el drenaje del agua de lluvia y una altura suficiente para asegurar una ventilación adecuada y un manejo eficiente del área.

La cubierta fue diseñada y construida con una estructura metálica de tubos galvanizados, elegidos por su alta resistencia mecánica, durabilidad y capacidad para soportar las condiciones ambientales típicas del entorno rural. La instalación de esta cubierta aporta de manera significativa a la estabilidad del sistema de lombricultura.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

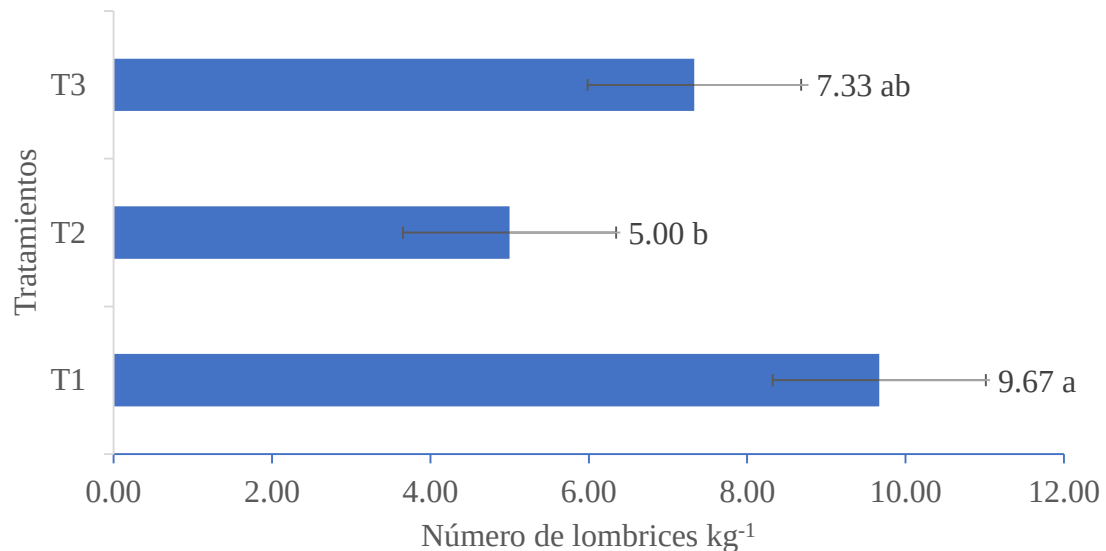
#### **4.1 Número de lombrices por kilogramo**

La cantidad de lombrices por kilogramo revela diferencias en los tratamientos donde T1(riego por microaspersión) tuvo la cifra más alta con 9,67 lombrices por kilogramo, seguido por T3(riego por subsuelo) con 7,33, mientras que T2(riego por goteo) tuvo el promedio más bajo con 5,00. El análisis estadístico muestra diferencias notables entre los tratamientos, ya que T1 se clasifica con la letra “a”, T2 con la letra “b” y T3 tiene una posición intermedia “ab” lo que sugiere que T1 es estadísticamente superior a T2, mientras que T3 no presenta diferencias significativas en relación a ambos, quedando en un nivel intermedio. Estos resultados indican que el sistema de microaspersión favorece una mayor cantidad de anélidos debido a una distribución más uniforme y homogénea a el sustrato una actividad clave para el desarrollo de la lombriz.

#### **Discusión**

Los resultados obtenidos evidencian que el sistema de riego influyó de manera significativa en el número de lombrices por kilogramo de sustrato, siendo el tratamiento con microaspersión (T1) el que presentó mayor promedio poblacional. Este comportamiento puede atribuirse a la distribución uniforme de la humedad, lo cual favorece la actividad biológica, movilidad y reproducción de *Eisenia foetida*. La literatura señala que la humedad óptima (60–80 %) es un factor determinante en la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana, ya que incide directamente en su tasa reproductiva y supervivencia (Edwards & Bohlen, 1996).

**Figura 2.** Número de lombrices por kg de sustrato bajo la influencia de tipos de riego en lechos de *Eisenia foetida*.



#### 4.2 Longitud promedio de las lombrices

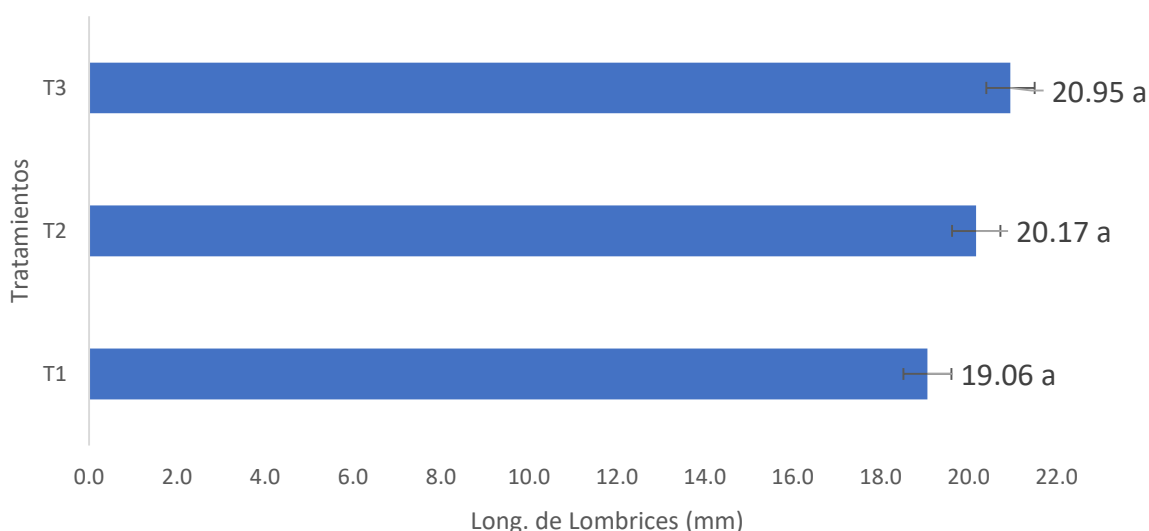
La longitud media de las lombrices indica que el tratamiento T3 (riego por subsuelo) obtuvo el valor numérico más alto con 20,95 mm, seguido de T2 (riego por goteo) con 20,17 mm y T1 (riego por microaspersión) con 19,06 mm; sin embargo, el análisis estadístico revela que no hay diferencias significativas, lo que permite concluir que el tipo de riego no tuvo un impacto en la longitud de los anélidos en las condiciones del estudio, ya que los tres sistemas mantuvieron niveles de humedad apropiados para su desarrollo, y las variaciones observadas se deben exclusivamente a diferencias numéricas sin respaldo estadístico.

#### Discusión

En cuanto a la variable longitud, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo que sugiere que todos los sistemas evaluados lograron mantener condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento individual. Según Domínguez y Edwards (2011), cuando el sustrato conserva niveles adecuados de humedad y

disponibilidad de alimento, el crecimiento corporal tiende a estabilizarse independientemente del sistema de manejo hídrico.

**Figura 3.** Longitud de lombrices obtenidos en los resultados extraídas de los tratamientos



Comparación con la Longitud Ideal y Otros Estudios. Los valores están dentro del rango de longitudes típicas reportadas en adultos de *Eisenia foetida*. La investigación muestra que un adulto mide de 5 a 12 cm (50 a 120 mm) de largo. Mientras que la "Longitud Ideal" (línea naranja que parece representar un valor de referencia o control constante) es constante, en términos de los resultados en T2 y T4, la longitud promedio, dadas las condiciones experimentales específicas de los diferentes tratamientos, supera ligeramente esa referencia, lo que indica que la gestión del riego es buena con respecto a la maximización de esta variable (Suquilanda, 2009). La variabilidad entre tratamientos proporciona evidencia de que se requiere una gestión sistemática del riego para evitar una humedad excesiva o deficiente que perjudicará la lombriz. Demasiada agua, por ejemplo, puede lixiviar nutrientes valiosos del lecho. Otros estudios también han evaluado diferentes sustratos (como estiércol de ganado o



cama de aves) y densidades de cría, encontrando que la gestión integral de las condiciones del lecho es esencial para el éxito de la vermicultura. (Yonatan Solano González, 2024)

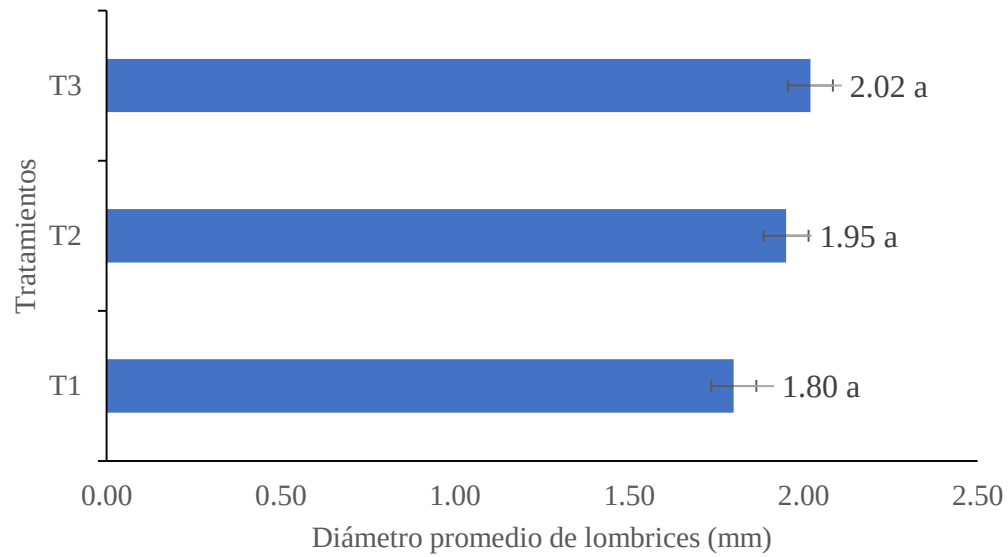
#### **4.3 Diámetro promedio de las lombrices**

La gráfica muestra que el diámetro promedio de lombrices aumenta progresivamente desde el tratamiento T1 (1,80) hasta T3 (2,02), pasando por T2 (1,95), lo que indica una tendencia positiva del efecto de los tratamientos sobre esta variable. Aunque T3 presenta el valor más alto y T1 el más bajo, no existen diferencias significativas entre ellos, es decir, las variaciones observadas podrían deberse a la variabilidad experimental y no necesariamente a un efecto real del tratamiento.

#### **Discusión**

Respecto al diámetro de la lombriz, tampoco se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. Esto indica que, aunque el sistema de riego puede influir en la reproducción y densidad poblacional, el desarrollo morfológico se mantiene relativamente constante bajo condiciones ambientales controladas. De acuerdo con Aquino y Noguera (2002), el diámetro corporal está más relacionado con la calidad nutricional del sustrato que con variaciones leves en la humedad.

**Figura 4.** *Diámetro Promedio de Lombrices como efecto de tres tipos de riego en camas de Eisenia foetida.*



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

El sistema de riego por microaspersión (T1) presentó el mayor promedio poblacional con 9,67 lombrices/kg, mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) respecto al tratamiento por goteo (T2).

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables longitud (cm) y diámetro (mm), lo que indica que los tres sistemas de riego mantuvieron condiciones adecuadas para el crecimiento individual.

Se concluye que el sistema de microaspersión es el método más eficiente para favorecer el desarrollo inicial y la producción de *Eisenia foetida* bajo las condiciones evaluadas en la Granja Experimental Río Suma.

## 5.2 Recomendaciones

Con base a los resultados dados en la evaluación de los tipos de riego que se empleó en este proyecto, es recomendable utilizar dos tipos de riego de los tres que se usaron cuáles son riego por microaspersión, riego por goteo.

En riego por microaspersión es muy bueno ya que distribuye el agua muy uniformemente y mantiene la humedad óptima del sustrato, y así mantiene una buena producción de humus de lombriz roja californiana *Eisenia Foetida*

El riego por goteo es muy recomendable para las lombrices ya que mantiene una humedad optima ideal para las lombrices, evitando el estrés hídrico. Es una inversión a largo plazo ya que reduce la mano de obra y permite ahorrar agua en lugares rurales donde es escasa el agua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, M. (2023). *Comportamiento de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en diferentes sustratos orgánicos*. PKP.
- Bravo, O. G. (2025). *Parámetros de calidad del lixiviado en lombricomposta producida con estiércol de bovino*.
- Canales Gutiérrez, A. S. (2020). Crianza de *Eisenia foetida* (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo. *Dialnet*, 87–92.
- Domínguez, J., & Edwards, C. A. (2011). Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. En C. A. Edwards, N. Q. Arancon & R. Sherman (Eds.), *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (pp. 27–40). CRC Press.
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (3rd ed.). Chapman & Hall.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Organic agriculture and soil management*. FAO. <https://www.fao.org/4/ak209s/ak209s00.pdf>
- Garg, V. K., Gupta, R., & Yadav, A. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97(3), 391–395. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.009>
- Mendoza, L. (2019). Sistema de riego por goteo: ventajas y manejo eficiente. Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Oseguera, C. A. (2019). *Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuete (Arachis hypogaea L.)*.
- Ramos, C. G. (2024). *Impacto del control de la humedad sobre la eficiencia del sistema de lombricultura*.
- Romano, C. O. (2018). *Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (Eisenia foetida)*.

Ruiz, V. (2019). Tipos de sistemas de riego más utilizados en agricultura. Netafim.

<https://www.netafim.pe/blog/tipos-de-sistema-de-riego-mas-utilizados/>

Sales, F. (2021). *Manual de lombricultura*. Corpamag.

<https://corpamag.gov.co/blogs/negociosverdes/wp-content/uploads/2021/02/manual-de-lombricultura.pdf>

Square, R. (2023). Effects of vermiconversion on coffee husk, paper waste and vegetable waste. Research Square. [https://assets-eu.researchsquare.com/files/rs-](https://assets-eu.researchsquare.com/files/rs-3268761/v1/29ae828e-02df-4399-be9d-1c22b57b942f.pdf)

[3268761/v1/29ae828e-02df-4399-be9d-1c22b57b942f.pdf](https://assets-eu.researchsquare.com/files/rs-3268761/v1/29ae828e-02df-4399-be9d-1c22b57b942f.pdf)

Suquilanda, M. (2009). *Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Toala, J. M. (2021). *Métodos de control de humedad en fincas agrícolas del oriente ecuatoriano*.

Villegas-Cornelio, V. M., & Laines-Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Yonatan Solano González, J. C. (2024). Respuesta reproductiva en corto plazo de la lombriz roja californiana. Universitas Agri.

<https://universitasagri.com/index.php/agri/article/download/16/17/84>

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de varianza el número de lombrices por kg de suelo

| Variable            | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Número de lombrices | 12 | 0,62           | 0,53              | 23,76 |

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.         | SC    | gl | CM    | F    | p-valor |
|--------------|-------|----|-------|------|---------|
| Modelo       | 43,71 | 2  | 21,86 | 7,20 | 0,0136  |
| Tratamientos | 43,71 | 2  | 21,86 | 7,20 | 0,0136  |
| Error        | 27,34 | 9  | 3,04  |      |         |
| Total        | 71,05 | 11 |       |      |         |

#### **Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,44064**

*Error: 3,0372 gl: 9*

| Tratamientos | Medias | n | E.E. |     |
|--------------|--------|---|------|-----|
| 1            | 9,68   | 4 | 0,87 | a   |
| 3            | 7,33   | 4 | 0,87 | a b |
| 2            | 5,00   | 4 | 0,87 | b   |

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

### Anexo 2. Análisis de varianza de la longitud (mm) de *Eisenia foetida*

| Variable             | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Long. Lombrices (mm) | 82 | 0,01           | 0,00              | 34,63 |

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.         | SC      | gl | CM    | F    | p-valor |
|--------------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo       | 54,85   | 3  | 18,28 | 0,38 | 0,7652  |
| Tratamientos | 54,85   | 3  | 18,28 | 0,38 | 0,7652  |
| Error        | 3719,84 | 78 | 47,69 |      |         |
| Total        | 3774,70 | 81 |       |      |         |

#### **Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,86217**

*Error: 47,6903 gl: 78*

| Tratamientos | Medias | n  | E.E. |   |
|--------------|--------|----|------|---|
| 2            | 21,00  | 15 | 1,78 | a |
| 4            | 20,94  | 16 | 1,73 | a |
| 3            | 19,55  | 22 | 1,47 | a |
| 1            | 19,14  | 29 | 1,28 | a |

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

### Anexo 3. Análisis de varianza del diámetro (mm) de *Eisenia foetida*

| Variable             | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Diám. Lombrices (mm) | 82 | 0,02           | 0,00              | 34,72 |

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.         | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|--------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo       | 0,81  | 3  | 0,27 | 0,61 | 0,6093  |
| Tratamientos | 0,81  | 3  | 0,27 | 0,61 | 0,6093  |
| Error        | 34,26 | 78 | 0,44 |      |         |
| Total        | 35,06 | 81 |      |      |         |

#### **Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56257**

*Error: 0,4392 gl: 78*

| Tratamientos | Medias | n  | E.E. |   |
|--------------|--------|----|------|---|
| 2            | 2,07   | 15 | 0,17 | a |
| 4            | 2,00   | 16 | 0,17 | a |
| 1            | 1,84   | 29 | 0,12 | a |
| 3            | 1,82   | 22 | 0,14 | a |

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

### Anexo 4. Descripción gráfica del desarrollo de la investigación



**ILUSTRACIÓN 1: EXPLICACIÓN  
PARA REALIZAR LA CUBIERTA DEL**

**ILUSTRACIÓN 2: CARGANDO MATERIAL  
PARA LA CONSTRUCCIÓN**



**ILUSTRACIÓN 3: MEDICIÓN DEL TERRENO**

**ILUSTRACIÓN 4: CONSTRUCCIÓN DE  
LA CUBIERTA**





**ILUSTRACIÓN 5: CUBIERTA REALIZADA**



**ILUSTRACIÓN 6: CUBIERTA ENTREGADA**



**ILUSTRACIÓN 7: REALIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO**



**ILUSTRACIÓN 8: RIEGO POR MICROASPERSIÓN**



**ILUSTRACIÓN 9: RIEGO POR GOTEO**



**ILUSTRACIÓN 10: RIEGO POR SUBSUELO**



**ILUSTRACIÓN 41: KG DE  
SUSTRATO DE LOMBRIZ**



**ILUSTRACIÓN 32: LONGITUD DE  
LA LOMBRIZ**



**ILUSTRACIÓN 23: MEDICIÓN  
DEL DIÁMETRO DE LA LOMBRIZ**



**ILUSTRACIÓN 14: FINALIZACIÓN DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**





# GLOVER STEVEN ZAMBRANO VERA\_FINAL

8%  
Textos  
sospechosos

8% Similitudes

< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

5% Idiomas no reconocidos (ignorado)

8% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: GLOVER STEVEN ZAMBRANO  
VERA\_FINAL.docx  
ID del documento: f004a7be23b3464ff42e1de07975884c8f4f4117  
Tamaño del documento original: 4,18 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: 8854  
Número de caracteres: 60.441

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones                                                                                                                                                                                                                                     | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>repositorio.uileam.edu.ec   Implementación de cámara térmica para la evaluació...</b><br><a href="https://repositorio.uileam.edu.ec/handle/123456789/8879">https://repositorio.uileam.edu.ec/handle/123456789/8879</a><br>11 fuentes similares | 3%          |             | Palabras idénticas: 3% (257 palabras)  |
| 2  | <b>TESIS-DERIAN MANZABA.pdf   TESIS-DERIAN MANZABA</b> #ada5cb<br>Viene de de mi biblioteca<br>9 fuentes similares                                                                                                                                | 2%          |             | Palabras idénticas: 2% (199 palabras)  |
| 3  | <b>core.ac.uk</b><br><a href="https://core.ac.uk/download/pdf/157800144.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/157800144.pdf</a><br>1 fuente similar                                                                                                | 1%          |             | Palabras idénticas: 1% (93 palabras)   |
| 4  | <b>Documento de otro usuario</b> #7b4303<br>Viene de de otro grupo<br>4 fuentes similares                                                                                                                                                         | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (70 palabras) |
| 5  | <b>dspace.espoch.edu.ec   Influencia del uso de sustratos orgánicos en la Calidad d...</b><br><a href="http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18118">http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18118</a><br>2 fuentes similares          | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (57 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe   Crecimiento y producción de cocones de...</b><br><a href="https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/download/19843/1...">https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/download/19843/1...</a> | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (34 palabras) |
| 2  | <b>doi.org   ESTRATEGIA DE QUÍMICA VERDE PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESID...</b><br><a href="https://doi.org/10.56519/n46w7191">https://doi.org/10.56519/n46w7191</a>                                                                                                                          | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (30 palabras) |
| 3  | <b>www.scielo.org.mx</b><br><a href="https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&amp;pid=S2007-09342017000200393&amp;lng=...">https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&amp;pid=S2007-09342017000200393&amp;lng=...</a>                                                  | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (24 palabras) |
| 4  | <b>hdl.handle.net   Un Proyecto de Educación Ecosocial a través de la Materia Org...</b><br><a href="http://hdl.handle.net/20.500.12226/2748">http://hdl.handle.net/20.500.12226/2748</a>                                                                                                        | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (22 palabras) |
| 5  | <b>dspace.utb.edu.ec</b><br><a href="https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16137/E-UTB-FACIAG-AGRON-000153.pdf?...">https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16137/E-UTB-FACIAG-AGRON-000153.pdf?...</a>                                                                      | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (20 palabras) |

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

| Nº | Descripciones                                                                                                    | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 1  | <b>Anderson Jair Romero Sandoval.docx   Anderson Jair Romero Sandoval</b> #00a680<br>Viene de de mi biblioteca   | 8%          |             | Palabras idénticas: 8% (670 palabras) |
| 2  | <b>Jeniffer Patricia Palma Chavez.docx   Jeniffer Patricia Palma Chavez</b> #9e9e0d<br>Viene de de mi biblioteca | 6%          |             | Palabras idénticas: 6% (511 palabras) |
| 3  | <b>SILVA LAIDY.docx   SILVA LAIDY</b> #531558<br>Viene de de mi grupo                                            | 3%          |             | Palabras idénticas: 3% (273 palabras) |
| 4  | <b>TESIS_FINAL_(EDISON ALAVA).docx   TESIS_FINAL_(EDISON ALAVA)</b> #b6781c<br>Viene de de mi grupo              | 3%          |             | Palabras idénticas: 3% (260 palabras) |

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- <https://www.netafim.pe/blog/tipos-de-sistema-de-riego-mas-utilizados/>

*Recu*  
*Ing. Paul González*