

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TEMA:**

**Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de  
*Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano,  
provincia del Guayas**

**AUTOR:**

**Raúl Alejandro Jaramillo Vélez**

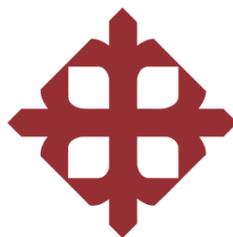
**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TUTOR:**

**Biólogo Luis Antonio Cobo Argudo, M. Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Marzo, 2020**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Jaramillo Vélez Raúl Alejandro**, como requerimiento para la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**.

**TUTOR**

---

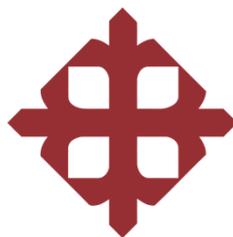
**Biólogo Cobo Argudo Luis Antonio, M. Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph.D.**

**Guayaquil, a los 2 días del mes de marzo del año 2020**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE MEDICINA VETERIARIA Y ZOOTECNIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Raúl Alejandro Jaramillo Vélez**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

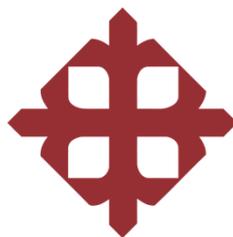
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 2 días del mes de marzo del año 2020**

**EL AUTOR**

---

**Jaramillo Vélez Raúl Alejandro**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Jaramillo Vélez Raúl Alejandro**

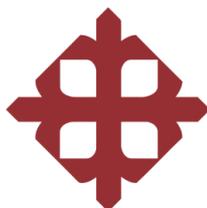
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 2 días del mes de marzo del año 2020**

**EL AUTOR**

---

**Jaramillo Vélez Raúl Alejandro**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CERTIFICACIÓN URKUND**

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas**”, presentada por la estudiante **Jaramillo Vélez Raúl Alejandro**, de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia**, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, considerando ser aprobada por esta dirección.

| URKUND         |  |
|----------------|--|
| Documento      | <a href="#">Jaramillo Vélez, R. UTE B 2019 TT.docx</a> (D63743647)         |
| Presentado     | 2020-02-11 07:08 (-05:00)  |
| Presentado por | ute.fetd@gmail.com   |
| Recibido       | noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com                                    |
|                | <b>0%</b> de estas 19 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes. |

**Fuente:** URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2020

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.**  
Revisora - URKUND

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me han brindado. No hubiese logrado terminar mis estudios sin el esfuerzo de ellos. Muchas gracias de corazón. Y por supuesto estoy completamente agradecido por el asesoramiento de mi tutor, el Biólogo Luis Cobo y la Dra. Lucila durante el desarrollo del trabajo. La culminación de este proyecto se debe al apoyo que los dos me brindaron.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a los interesados en iniciar un módulo de lombricultura en casa.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

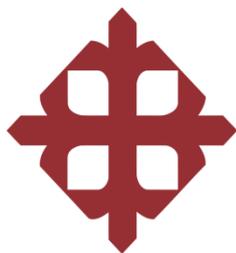
**Biólogo Cobo Argudo Luis Antonio, M. Sc.**  
TUTOR

---

**Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph.D.**  
DIRECTOR DE CARRERA

---

**Ing. Caicedo Coello Noelia Carolina, M. Sc.**  
COORDINADORA DE TITULACIÓN



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Biólogo Cobo Argudo Luis Antonio, M. Sc.**

**TUTOR**

## ÍNDICE GENERAL

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>2</b> |
| 1.1 Objetivos .....   | 3        |
| 1.1.1 Objetivo general .....  | 3        |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....                                    | 3        |
| 1.2 Hipótesis.....  | 3        |
| <b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....  | <b>4</b> |
| 2.1 Generalidades de la lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....        | 4        |
| 2.2 Taxonomía de <i>Eisenia foetida</i> .....                       | 5        |
| 2.3 Características morfológicas de la <i>Eisenia foetida</i> ..... | 5        |
| 2.4 Hábitat de <i>Eisenia foetida</i> .....                         | 6        |
| 2.5 Condiciones ambientales óptimas .....                           | 6        |
| 2.6 Alimentación de la <i>Eisenia foetida</i> .....                 | 7        |
| 2.7 Sistema digestivo de la <i>Eisenia foetida</i> .....            | 7        |
| 2.8 Reproducción de la <i>Eisenia foetida</i> .....                 | 8        |
| 2.9 Enemigos y enfermedades de la <i>Eisenia foetida</i> .....      | 9        |
| 2.10 Vermicomposta.....   | 9        |
| 2.11 Vermitecnología.....   | 10       |
| 2.12 Microorganismos de la vermicomposta .....                      | 11       |
| 2.13 <i>Eisenia foetida</i> como fuente de proteína y lípidos ..... | 11       |
| 2.14 Sustratos orgánicos.....                                       | 12       |
| 2.15 Cáscara de cacao.....  | 12       |
| 2.16 Desechos de cocina orgánicos.....                              | 13       |
| 2.17 Borra de café .....  | 13       |
| 2.18 Características del humus sólido.....                          | 14       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.19 Características del té de humus de lombriz.....           | 14        |
| <b>3 MARCO METODOLÓGICO.....</b>                               | <b>15</b> |
| 3.1 Ubicación del ensayo .....                                 | 15        |
| 3.1.1 Características climáticas.....                          | 15        |
| 3.2 Materiales.....  | 15        |
| 3.2.1 Material vivo .....                                      | 15        |
| 3.2.2 Equipos .....  | 15        |
| 3.2.3 Materiales de campo .....                                | 16        |
| 3.3 Tratamientos en estudio.....                               | 16        |
| 3.4 Manejo del ensayo .....                                    | 17        |
| 3.5 Manejo de variables .....                                  | 18        |
| 3.5.1 Dependientes .....                                       | 18        |
| 3.5.2 Independientes.....                                      | 18        |
| 3.6 Diseño experimental.....                                   | 18        |
| 3.7 Análisis estadístico.....                                  | 18        |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                                      | <b>19</b> |
| 4.1 Tamaño poblacional .....                                   | 19        |
| 4.2 Promedio de lombrices en repeticiones por tratamiento..... | 19        |
| 4.3 Análisis de varianza.....                                  | 20        |
| 4.4 Test de Tukey.....   | 21        |
| 4.5 Gráfico Q – Q Plot.....                                    | 21        |
| 4.6 Prueba de Shapiro - Wilk.....                              | 22        |
| 4.7 Lombrices Juveniles y Adultas .....                        | 22        |
| 4.8 Tabla de contingencia .....                                | 23        |
| 4.9 Rendimiento .....  | 24        |
| <b>5 DISCUSIÓN .....</b>                                       | <b>26</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b> | <b>28</b> |
|--|-----------|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 6.1 Conclusiones..... | 28 |
|-----------------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 6.2 Recomendaciones..... | 28 |
|--------------------------|----|

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Taxonomía de <i>Eisenia foetida</i> .....                   | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Propiedades químicas de la cáscara de cacao .....           | 13 |
| <b>Tabla 3.</b> Propiedades químicas de la borra de café .....              | 14 |
| <b>Tabla 4.</b> Tratamientos, peso (en gramos) y número de individuos ..... | 16 |
| <b>Tabla 5.</b> Cuadro de Análisis de la Varianza.....                      | 20 |
| <b>Tabla 6.</b> Test de Tukey.....  | 21 |
| <b>Tabla 7.</b> Shapiro - Wilks (modificado).....                           | 22 |
| <b>Tabla 8.</b> Tablas de contingencia.....                                 | 23 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Ubicación geográfica del trabajo .....                             | 15 |
| <b>Gráfico 2.</b> Número de lombrices por tratamiento al finalizar los 80 días ..... | 19 |
| <b>Gráfico 3.</b> Promedio de lombrices por tratamiento a los 80 días.....           | 20 |
| <b>Gráfico 4.</b> Cuantiles de las distribuciones .....                              | 21 |
| <b>Gráfico 5.</b> Número total de lombrices juveniles por tratamiento.....           | 22 |
| <b>Gráfico 6.</b> Número total de lombrices adultas por tratamiento .....            | 23 |
| <b>Gráfico 7.</b> Porcentaje de rendimiento por tratamiento.....                     | 24 |
| <b>Gráfico 8.</b> Porcentaje de rendimiento de juveniles por tratamiento.....        | 25 |
| <b>Gráfico 9.</b> Porcentaje de rendimiento de adultas por tratamiento .....         | 25 |

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se evaluó la incidencia de cuatro tipos de sustratos sobre la reproducción de la *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento y dos controles por semana de humedad, pH y temperatura del medio en el cual se desarrollaron las lombrices. Se colocaron 100 lombrices en cada repetición y se contó el total de juveniles y adultas a los 80 días. Utilizando el paquete estadístico Infostat se determinó que el tipo de sustrato está relacionado con la cantidad de lombrices nuevas por tratamiento, siendo los tratamientos T1 (desechos de cocina) y T3 (borra de café) los que mostraron mejores resultados.

**Palabras Clave:** lombricultura, vermicomposta, sustratos, reproducción

## ABSTRACT

The following work evaluated the incidence of four types of substrates on the reproduction of *Eisenia foetida* in an urban vermicompost module. Four repetitions per treatment and two controls per week of humidity, pH and temperature of the medium in which the worms were developed were performed. 100 worms were placed in each repetition and the total juveniles and adults were counted at 80 days. Using the Infostat statistical package, it was determined that the type of substrate is related to the number of new worms per treatment, with the treatments T1 (kitchen food waste) and T3 (coffee grounds) being the best results.

**Key words:** vermiculture, vermicompost, substrates, reproduction

## 1 INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra están ampliamente distribuidas en la naturaleza, conformando el mayor número de invertebrados del suelo. Tienen una relación simbiótica con microorganismos lo cual les permite mejorar factores físicos y químicos de la superficie, además son importantes para la agricultura debido a su capacidad para aumentar los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) de la tierra.

Las lombrices se alimentan de material orgánico en descomposición y lo transforman en vermicomposta, motivo por el cual cumplen un papel fundamental en la biodegradación de desperdicios. La eliminación y el manejo de desechos se ha convertido en un problema global. Como solución existe el empleo de la lombricultura para transformar residuos orgánicos como por ejemplo las heces del ganado o aguas residuales en abono.

La *Eisenia foetida* es la especie de lombriz de tierra más utilizada en la práctica debido a su tasa de reproducción elevada, capacidad de supervivencia en ambientes adversos y rápido crecimiento. Al ser de fácil manejo, se puede emplear tanto en el ambiente rural como el urbano.

El atractivo de la lombricultura radica en su simplicidad, es necesario solamente la lombriz, el sustrato y un ambiente húmedo. Las camas donde se depositan los desperdicios no generan malos olores y puede ser usado, dependiendo del número de lombrices, desde una cubeta en casa hasta un área extensa de varios metros cuadrados. En el hogar pueden emplearse como sustrato los desechos de cocina de origen vegetal, la borra del café y cáscaras de huevo. El producto final llamado humus o vermicomposta se puede aplicar como abono en las plantas.

La finalidad de este trabajo fue evaluar cuatro tipos de sustrato y su incidencia en la reproducción de la *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano. Por lo expuesto, el presente Trabajo de Titulación tiene los siguientes objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Evaluar la incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de la *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Estimar el tamaño poblacional de las lombrices a los 80 días en cada tratamiento.
- Comparar el número de lombrices juveniles y adultas a los 80.
- Demostrar el rendimiento de cada sustrato sobre la reproducción de las lombrices.

## **1.2 Hipótesis**

El tipo de sustrato utilizado no está relacionado con un incremento en la reproducción de la lombriz.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades de la lombriz *Eisenia foetida*

También conocida como lombriz roja californiana, comprende la mayor parte de la biomasa de la fauna del suelo capaz de transformar materia orgánica descompuesta en vermicompostaje rico en nutrientes. Desempeñan un papel importante en muchos procesos de formación del suelo y también sirven como fuente sustancial de alimento para varios organismos superiores. El color rojo oscuro le permite mezclarse bien dentro de sus hábitats primarios de tierra y desechos orgánicos (Ma, Chen, Wu, Zhang y Luo, 2016, p. 2).

Son uno de los organismos invertebrados del suelo más comunes y se consideran ingenieros biofísicos del suelo. Juegan un papel importante en mejorar las condiciones biofísicas del suelo, tales como la estructura, la inmovilización de nutrientes, la estructura de la comunidad microbiana y su funcionamiento para apoyar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su cuerpo está dispuesto a manera de segmentos, lo cual le proporcionan la capacidad de excavar de manera más eficiente de lo que sería sin segmentación. Dado que se arrastran constantemente por el suelo y los escombros, esta es una adaptación especialmente importante (Chen, Saleem, Wang, Liang y Zhang, 2018, p. 1).

Las lombrices son colonizadoras naturales de material orgánico. En su ciclo de vida alcanzan la madurez en un intervalo de tiempo relativamente corto. Presentan altas tasas de consumo de alimento, digestión y asimilación del mismo con alta producción de cocones y una mayor adaptabilidad a los desperdicios orgánicos (Singh, Bhat, Singh, Kaur y Vig, 2016, p. 1).

## 2.2 Taxonomía de *Eisenia foetida*

En la Tabla 1 se puede observar la taxonomía de la *Eisenia foetida* de acuerdo a Savigny (1826, citado por Carihuasari, 2018, p. 33).

**Tabla 1.** Taxonomía de *Eisenia foetida*

|          |                   |
|----------|-------------------|
| Reino:   | Animal            |
| Phyllum: | Annelida          |
| Clase:   | Oligoqueta        |
| Orden:   | Haplotaxida       |
| Familia: | Lombricidae       |
| Género:  | <i>Eisenia</i>    |
| Especie: | <i>E. foetida</i> |

**Fuente:** Carihuasari (2018)

**Elaborado por:** El Autor

## 2.3 Características morfológicas de la *Eisenia foetida*

Son hermafroditas e invertebrados. Como la mayoría de los otros anélidos, la distribución corporal básica de *Eisenia foetida* consiste en una cabeza seguida de un tronco segmentado y una cola. Esta simple disposición del cuerpo incorpora una tremenda cantidad de diversidad, incluida la variación en el número de segmentos, anatomía interna, así como formas de cabeza y cola (Zwarycz, Nossa, Putnam y Ryan, 2015, p. 272).

La segmentación puede interpretarse como los anillos que componen sus cuerpos. El primer anillo o segmento es la cabeza y el último segmento es el ano. La disposición fraccionada del cuerpo de la lombriz le permite a cada pieza especializarse. Aunque hay duplicaciones, cada segmento tiene una función o tarea específica en las funciones diarias del gusano. Internamente, las segmentaciones se pueden ver por la presencia de tabique, que son similares a paredes que encierran fluido celómico en cada segmento (Ma et al., 2016, p. 2).

La división en segmentos de la lombriz le permite regenerar secciones del cuerpo. De hecho, la *Eisenia fetida* puede regenerar los segmentos anteriores de su cuerpo a partir de los segmentos 23 y 24 y los segmentos

posteriores de su cuerpo a partir de los segmentos 20 y 21. Los poros masculinos se encuentran en el segmento 15, que está un segmento detrás del que contiene los poros femeninos (Yard, 2010).

Mantienen su estructura a través de cámaras que actúan como un esqueleto hidrostático. El sistema digestivo de las lombrices recorre todo el cuerpo y un gran número de quimiorreceptores se encuentran cerca de la boca. Músculos longitudinales recubren el intestino y mueven el alimento hacia el ano. Músculos similares ubicados en la periferia de cada segmento permiten que el gusano se mueva (Kim, 2016, p. 55).

#### **2.4 Hábitat de *Eisenia foetida***

Nativa de Europa, actualmente de distribución mundial a excepción de Antártica, se encuentra en agrupaciones donde existe materia orgánica en descomposición. Tiene la capacidad de equilibrar y modelar sus prioridades de gasto de energía, lo cual le permite sobrevivir en condiciones extremas como bajas temperaturas, ambientes tóxicos y salinos. Además, es una lombriz de tierra epigeica, es decir, habita en la superficie (Musyoka, Liti, Ogello y Waidbacher, 2019, p. 2302).

Sin embargo, debido a que es un compostador epigeico, a menudo se puede encontrar en los bosques debajo de la cubierta vegetal de las hojas. De lo contrario, se encuentra en pilas de estiércol en granjas o campos. Se han llevado a cabo experimentos que han probado la viabilidad de *Eisenia foetida* en muchos tipos diferentes de estiércol, incluidos vacas, cabras, cerdos, conejos y caballos. Aunque lo hace mejor en algunos que en otros, no sufre en ninguno. Se adapta bien a muchos climas diferentes, incluyendo temperaturas variables, contenido de humedad y niveles de pH (Yard, 2010).

#### **2.5 Condiciones ambientales óptimas**

El contenido de humedad de los desechos orgánicos es un parámetro importante que influye en el crecimiento de la lombriz, ya que el 80 % de su

cuerpo es agua. Esta especie adquiere mayor peso y mejor supervivencia a temperaturas entre 20 °C - 29 °C y un contenido de humedad entre el 70 % y el 85 %, pero estos valores podrían variar en diferentes sustratos (Kumar, Kumar, Kumar y Anbuganapathi, 2013, p. 575).

## **2.6 Alimentación de la *Eisenia foetida***

Son capaces de asimilar al día una cantidad equivalente a su peso. Succionan los desechos previamente descompuestos por la acción de microorganismos. Se alimentan a partir de todo tipo de material orgánico, con menor afinidad hacia los cítricos y desechos con elevadas concentraciones de proteína. Digieren desde desechos animales hasta residuos de plantas, residuos industriales y basura municipal (Emperor, Kumar y Ravikumar, 2016, p. 46).

## **2.7 Sistema digestivo de la *Eisenia foetida***

Para que los alimentos ingresen al sistema digestivo primero deben llegar a la boca, la cual está cubierta por una aleta llamada prostomio. Ambas se encuentran en el primer segmento. Posteriormente el alimento viaja a la faringe y esófago donde hay glándulas calcíferas que segregan calcio, por medio del cual regula el pH y enriquece la composta. A continuación, pasa al buche y luego a la molleja (segmentos 17 y 18) donde hay músculos que rompen los pedazos de mayor tamaño. Después el contenido pasa al intestino (segmento 15) donde se absorbe nutrientes y microorganismos facilitan la descomposición química del alimento. En el último segmento se localiza el ano del cual sale el material descompuesto (Yard, 2010).

La *Eisenia foetida* no puede masticar el alimento debido a que no tiene las estructuras necesarias para triturar y disminuir el tamaño de la comida que entra en su sistema digestivo. Tienen preferencia por los alimentos descompuestos y suaves lo cual facilita la absorción de los nutrientes (Castañeda, 2015).

## **2.8 Reproducción de la *Eisenia foetida***

Las lombrices de tierra *Eisenia foetida* exhiben un cuerpo relativamente simple. Son hermafroditas incompletas simultáneas con inseminación recíproca capaces de autofecundarse cada 7 días aproximadamente, lo que las hace fáciles de mantener en condiciones de laboratorio para estudios de reproducción (Plytycz et al., 2018, p. 2).

Es de color marrón oscuro con un tono amarillo en la punta de la cola. El largo de la lombriz mide aproximadamente 5 - 7 cm, el diámetro 3 mm y la biomasa puede variar de 500 a 600 mg. La tasa de crecimiento es lenta durante los primeros 30 días, después aumenta fácilmente y alcanza la media de 2.5 mg / gusano / día después de 600 días. El clitelo se desarrolla 50 días después de la eclosión, lo cual indica su madurez sexual. La producción de cocones comienza a los 55 días y su tasa de producción es de 0.35 / gusano por día. El capullo recién formado suele ser de color claro y después cambia a marrón claro. El período de incubación es de 23 días. El éxito promedio de eclosión es del 73 % y el número de crías por capullo varía de 1 a 9 con una tasa media de 2.7 crías por capullo (Rani, 2017, p. 7).

La reproducción ocurre a través de la cópula y la fertilización cruzada. Cada uno de los individuos produce capullos que contienen cantidades variables de óvulos fertilizados. La formación de capullos es un proceso externo que implica la producción de una secreción mucosa que avanza desde el clitelo hasta la cabeza. Los capullos contienen un líquido albuminoso nutritivo producido por las células del clitelo y los gametos en los cuales se desarrollan los embriones (Aira, Pérez y Domínguez, 2018, p. 1).

En condiciones adversas la tasa de reproducción y crecimiento descende. El peso total de las lombrices disminuye con el agotamiento de la materia orgánica del medio. El número de lombrices juveniles es mayor en los sustratos ricos en nutrientes (Malińska, Zabochnicka-Świątek, Cáceres y Marfà, 2016).

## **2.9 Enemigos y enfermedades de la *Eisenia foetida***

Las aves como el mirlo o las gallinas domésticas se alimentan de lombrices de tierra. Las hormigas compiten por el alimento de las lombrices y pueden llegar a destruir las crías. A su vez, ratas y ratones, en busca de alimento, remueven las camas donde habitan las lombrices. Las musarañas se alimentan directamente de ellas. Los turbelarios, la mayoría carnívoros, se alimentan de lombrices como la *Eisenia foetida* y varios invertebrados. Desechos con restos de proteína no transformada generan en la lombriz un estado mortal de acidez (Lima, 2016, p. 16).

## **2.10 Vermicomposta**

La vermicomposta es la estabilización y transformación de los desechos orgánicos con la ayuda de lombrices de tierra epigeicas y microorganismos. Durante el vermicompostaje, los nutrientes son convertidos en formas solubles y disponibles requeridas para crecimiento de plantas (Mohapatra, Sahoo y Sannigrahi, 2017, p. 165).

La lombriz de tierra recicla los restos de residuos orgánicos y significativamente aumenta la cantidad de N, P, K, Ca y Mg útil para microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos), enzimas, vitaminas y ciertos micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. A su vez, promueven el crecimiento de microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfato (Pandit y Maheshwari, 2012, p. 144).

La vermicomposta se puede emplear en áreas donde el acceso al abono orgánico es limitado como lo es en las ciudades. Existe la limitante del espacio físico y tierra útil para practicar la siembra y cosecha de alimentos en áreas urbanas. Aplicando el desecho de la lombriz como abono se pueden obtener resultados favorables con respecto a la producción de frutas y vegetales en la ciudad (Gallardo, Contreras, Jaramillo y Alban, 2018, p. 1).

## 2.11 Vermitecnología

Se considera una tecnología prometedora para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos. El proceso implica la biooxidación y estabilización de material orgánico en condiciones aerobias y mesofílicas a través de la acción combinada de lombrices como la *Eisenia foetida* y microorganismos (Gong et al., 2017, p. 2).

Este proceso de descomposición genera un abono estable, no tóxico, que se puede utilizar como acondicionador de suelos y fertilizante en la práctica agrícola, inclusive para tratar desechos sólidos municipales y aguas residuales (Sahu, 2016, p. 18).

El principal beneficio de esta biotecnología es el aprovechamiento del ecosistema para evitar la contaminación ambiental y el gasto de recursos para tratar los residuos orgánicos. Tiene potencial en ciertas áreas desafiantes como la producción de alimentos, reciclaje de residuos y la gestión de desperdicios (Deivanayaki y Nanthini, 2016, p.142).

Se ha comprobado que el tratamiento de aguas residuales por lombrices de tierra, conocido como vermifiltración, es una tecnología económica y ambientalmente preferida ya que es un proceso rápido, casi inodoro, y genera un efluente estable, desinfectado, desintoxicado y altamente nutritivo (Arora, Rajpal, Kumar, Bhargava y Kazmi, 2014, p. 996).

Los desechos de las plantas de tratamiento se pueden transformar por la actividad de la lombriz en conjunto con los microorganismos. La actividad microbiana desempeña un papel clave en la biodegradación de la materia orgánica y en la transformación de los nutrientes. El humus producto de la vermicompostaje disminuye el daño ambiental de los desperdicios de este tipo (Quilcaro y Melissa, 2018, p. 15).

## **2.12 Microorganismos de la vermicomposta**

Los microorganismos (principalmente bacterias, hongos y actinomicetos) son el principal descomponedor de desechos orgánicos. No solo se mineralizan sustancias complejas para el aprovechamiento de las plantas, también sintetizan una serie de sustancias biológicamente activas. Las lombrices de tierra le aportan a su microflora intestinal moco y agua para aumentar la degradación de la materia orgánica ingerida y la liberación de metabolitos asimilables. Así los microorganismos y las lombrices actúan simbióticamente para acelerar y mejorar el proceso de descomposición (Emperor y Kumar, 2015, p. 497).

La descomposición es uno de los procesos clave que regula el ciclo de nutrientes en los ecosistemas terrestres y se lleva a cabo principalmente por microorganismos. Las lombrices de tierra afectan directamente la descomposición del suelo modificando la materia orgánica y microorganismos. El paso por el intestino de la lombriz afecta significativamente la estructura de la comunidad microbiana los cuales florecen debido a la presencia de moco y a la aireación del sustrato (Aira y Domínguez, 2011).

## **2.13 *Eisenia foetida* como fuente de proteína y lípidos**

La lombriz de tierra como fuente de proteínas contiene aminoácidos esenciales y no esenciales, especialmente lisina en la *Eisenia foetida*. Por lo tanto, la lombriz de tierra se puede emplear como el alimento para criar aves de corral y animales acuáticos debido a la abundancia de proteína en su estructura (Bahadori, Esmaylzadeh y Torshizi, 2015, p. 999).

La *Eisenia foetida* contiene una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (linolénico; ácidos grasos omega - 3) esenciales para formular alimentos para peces de muchas especies. El contenido de proteínas y lípidos de la lombriz varía del 50 al 70 % y del 5 al 10 % respectivamente (Mohanta, Subramanian y Korikanthimath, 2016).

## **2.14 Sustratos orgánicos**

Los desechos orgánicos biológicamente degradables y descomponibles comúnmente utilizados como compostaje son las heces del ganado, hojas secas, desperdicios de cocina, entre otros. Millones de toneladas de desperdicio de alimentos son enterrados o quemados cada año a un considerable costo financiero y ambiental (Kothari, Verma y Tyagi, 2016, p. 5).

Más de la mitad de los desperdicios que se desechan en el hogar son de origen orgánico, especialmente en zonas rurales, y aproximadamente el total de esos desechos son enviados al basurero. En lugar de desechar los restos de comida, éstos pueden ser reciclarlos con la ayuda de la lombriz *Eisenia foetida* (Durán y Henríquez, 2009, p. 276).

## **2.15 Cáscara de cacao**

Generalmente se considera como residuo y se utiliza principalmente en la preparación de alimentos para animales, fertilizantes y combustibles. El principal propósito de la cáscara de cacao en la industria alimentaria es como fuente de fibra. Entre los componentes que se pueden detectar son teobromina, teofilina, cafeína, catequina, epicatequina, ácidos gálicos y clorogénicos, así como algunos azúcares y sus derivados (Jokić, Gagić, Knez, Šubarić y Škerget, 2018).

La cáscara de cacao se aprovecha como fuente de alimento no tradicional en otras especies de animales como por ejemplo en cobayos. Se conoce que contiene niveles de magnesio y nitrógeno suficientes para alimentar lombrices de tierra y sostener su reproducción (Loor y Serafín, 2019. P. 36).

**Tabla 2.** Propiedades químicas de la cáscara de cacao

| <b>Propiedad</b>            | <b>Cáscara de cacao</b> |
|-----------------------------|-------------------------|
| Materia orgánica (%)        | 49.9 ± 2.9              |
| Nitrógeno – total (g Kg-1)  | 11.60 ± 0.73            |
| pH (1:5)                    | 5.73 ± 0.30             |
| Sodio – total (g Kg-1)      | 0.189 ± 0.01            |
| Potasio – total (g Kg-1)    | 21.156 ± 0.96           |
| Fósforo – total (g Kg-1)    | 1.71 ± 0.11             |
| Cobre – total (mg Kg-1)     | 59.0 ± 4.28             |
| Cinc – total (mg Kg-1)      | 53.7 ± 3.98             |
| Manganeso – total (mg Kg-1) | < 0.1                   |

**Fuente:** Lykas, Gougoulías y Vagelas (2019)

**Elaborado por:** El Autor

### **2.16 Desechos de cocina orgánicos**

La basura de la cocina está conformada principalmente por restos de comida para su eliminación. Las concentraciones de N, P y K, al igual que la temperatura y porcentajes de humedad varían ampliamente dependiendo de su contenido. El pH varía de acuerdo al estado de descomposición, así como la producción de ácidos orgánicos (Kadir, Azhari y Jamaludin, 2016, p. 4).

Los residuos biológicos de la cocina se deben compostar previamente durante más de 2 semanas para alcanzar una temperatura inferior a 25 °C. El producto final se puede emplear como sustrato para las lombrices y aumentar el contenido total de N, P, K, Ca y Mg y la disponibilidad de P y K (Hanc y Pliva, 2013).

La lombriz de tierra *Eisenia foetida* puede consumir varios alimentos de cocina en estado descompuesto. Dependiendo del grado de descomposición, el aprovechamiento de los residuos es mayor. Los productos orgánicos de cocina tienden a separarse en partes más pequeñas posterior a la acción de microorganismos y condiciones del ambiente (Cajas, 2013, p. 24).

### **2.17 Borra de café**

Se genera en una cantidad considerable como desperdicio durante el proceso de preparación de la bebida de café. Debido a su alto contenido de

nitrógeno y capacidad para absorber líquidos la borra de café puede ser utilizada como alimento para lombrices o directamente en el suelo como fertilizante (Vítěz, Koutný, Šotnar y Chovanec, 2016, p. 1279).

**Tabla 3.** Propiedades químicas de la borra de café

| <b>Propiedad</b> | <b>Borra de café</b> |
|------------------|----------------------|
| Carbono (%)      | 74                   |
| Hidrógeno (%)    | 9.8                  |
| Nitrógeno (%)    | 2.6                  |
| Azufre (%)       | 0.17                 |
| Oxígeno (%)      | 13.4                 |
| Lignina          | 27.7                 |
| Celulosa         | 8.6                  |
| Hemicelulosa     | 61.7                 |

**Fuente:** Vargas (2018)

**Elaborado por:** El Autor

### **2.18 Características del humus sólido**

Producto de la disgregación de materia orgánica la cual se descompone a través de interacciones entre lombrices y microorganismos en condiciones aeróbicas. Durante el vermicompostaje los nutrientes se liberan y se convierten en formas solubles proporcionando nutrientes como N, K soluble, Ca, Mg, P y microelementos como Fe, Mo, Zn y Cu. Contiene reguladores del crecimiento de las plantas y otros elementos producidos por microorganismos incluyendo humatos, citoquininas y auxinas (Mistry, Mukhopadhyay y Baur, 2015, p. 193).

### **2.19 Características del té de humus de lombriz**

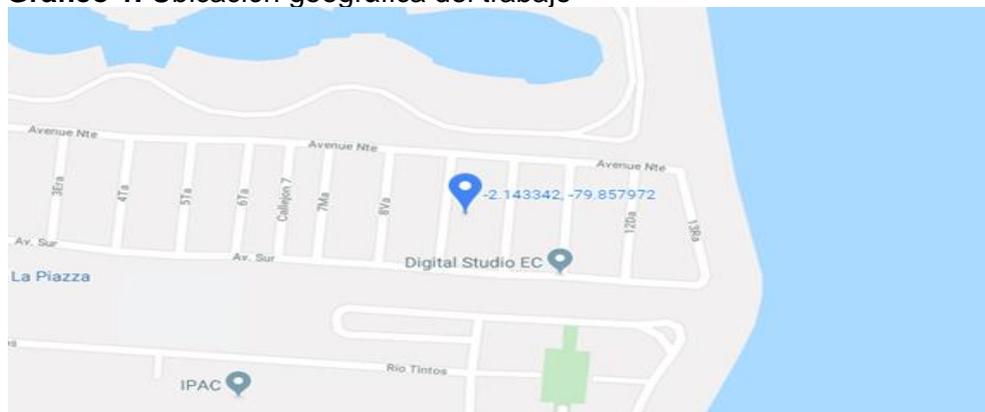
El excremento de la lombriz de tierra tiene una elevada actividad microbiana, regula el crecimiento de las plantas y puede repeler plagas. Al adicionarle agua al humus se genera té de humus de lombriz con propiedades similares al humus sólido. Puede ser aplicado directamente al follaje de la planta o al suelo y es efectivo en cantidades relativamente pequeñas (Renčo y Kováčik, 2015, p. 188).

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación del ensayo

El Trabajo se llevó a cabo en la urbanización Las Riberas ubicado en el kilómetro 1 ½ vía Samborondón, provincia del Guayas. Se desarrolló en un espacio protegido ubicado en las siguientes coordenadas: 2° 14' 33" de latitud sur y 79° 85' 79" de longitud occidental a una altura de 9 m.s.n.m.

**Gráfico 1.** Ubicación geográfica del trabajo



**Fuente:** Google Maps (Google Maps, 2019).

#### 3.1.1 Características climáticas.

- Temperatura promedio anual: 26 °C
- Humedad Relativa: 70 %
- Precipitación anual: 218 mm

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Material vivo.

- 1 600 lombrices *Eisenia foetida*

##### 3.2.2 Equipos.

- Computadora
- Balanza
- Cámara fotográfica

- Medidor "Atree" de pH y humedad
- Termómetro de suelos

### 3.2.3 Materiales de campo.

- Recipientes de plástico (base de 25 cm diámetro x 35 cm de altura)
- Guantes
- Tela de malla elástico 2 m x 2 m
- Regla
- Cubetas de plástico
- Cáscaras de cacao
- Hojas secas de árbol de aguacate
- Tierra húmifera
- Desechos vegetales de cocina
- Borra de café

### 3.3 Tratamientos en estudio

Se utilizaron desechos de cocina (una mezcla de cascarón de huevo, cáscaras de guineo, papaya, maracuyá, zanahoria, entre otros), cáscara de cacao, borra de café y una mezcla de tierra húmifera con hojas secas.

**Tabla 4.** Tratamientos, peso (en gramos) y número de individuos

| Tratamiento | Sustrato   | Número de lombrices |
|-------------|--|---------------------|
| T1          | Desechos de cocina (750 g) + tierra húmifera y hojas secas (750 g) | 100                 |
| T2          | Cáscara de cacao (750 g) + tierra húmifera y hojas secas (750 g)   | 100                 |
| T3          | Borra de café (750 g) + tierra húmifera y hojas secas (750 g)      | 100                 |
| T4          | Tierra húmifera y hojas secas (1 500 g)                            | 100                 |

**Elaborado por:** El Autor

### **3.4 Manejo del ensayo**

Tres semanas antes de empezar el trabajo, se realizó el precompostaje de los desechos de cocina. Una vez finalizado dicho proceso, con la balanza se pesaron y separaron 3 000 g del producto final para ser utilizado como sustrato. Sobre una mesa (superficie de 1.2 m x 1.2 m) se colocaron los recipientes (16 en total) y dentro de ellos se adicionaron 750 g de la mezcla de tierra y hojas secas. En cuatro de ellos (T1) se adicionaron 750 g del compostaje de los desechos de cocina. A cuatro recipientes más (T2) se agregaron 750 g de cáscaras de cacao en cada uno. A sí mismo, los cuatro correspondientes al tratamiento T3 tuvieron 750 g de borra de café en cada uno y los últimos cuatro recipientes (T4) portaron 750 g adicionales de la mezcla de tierra y hojas secas.

Posteriormente se agregaron 100 lombrices en cada recipiente. Se trabajó con lombrices adultas mayores de 2 cm. Una vez por semana se controló el pH, humedad y temperatura de cada sustrato por medio del medidor Atree y el termómetro de suelos. Lo ideal fue mantener un pH entre 6 y 8 (lo óptimo es 7), y una temperatura alrededor de los 20 °C.

Tres veces por semana se agregó la misma cantidad de agua en cada recipiente, para mantener la humedad entre el 70 % y el 80 %. En la base de cada recipiente se perforaron orificios para facilitar el drenaje del exceso de agua. El lixiviado cayó por gravedad en otro recipiente lo cual evitó el encharcamiento en la base y la muerte de las lombrices. A los 80 días se contó manualmente el número total de lombrices por repetición, así como el número de lombrices juveniles y adultas mayores de 2 cm.

### **3.5 Manejo de variables**

#### **3.5.1 Dependientes.**

- Reproducción: La reproducción se midió cuantificando el número de lombrices al finalizar los 80 días restando las iniciales
- Proporción de estados:
  - Lombrices juveniles (LJ): Son menores de 2 cm
  - Lombrices adultas (LA): Son mayores de 2 cm

#### **3.5.2 Independientes.**

- Sustrato de desechos de cocina (T1)
- Sustrato de cáscara de cacao (T2)
- Sustrato de borra de café (T3)
- Sustrato de tierra humífera y hojas secas (T4)

### **3.6 Diseño experimental**

El trabajo es de tipo experimental, de diseño completamente aleatorizado, con un análisis de clasificación simple. Contó con cuatro tratamientos, cada uno tuvo un tipo de sustrato de origen orgánico y cuatro repeticiones.

### **3.7 Análisis estadístico**

Utilizando el software de análisis estadístico Infostat, la información se procesó empleando el análisis de varianza (ANDEVA) de una sola vía con un nivel de significancia de 0.05 y la prueba a posteriori de Tukey (HSD). La información se almacenó en hojas de Excel y se crearon gráficos y tablas.

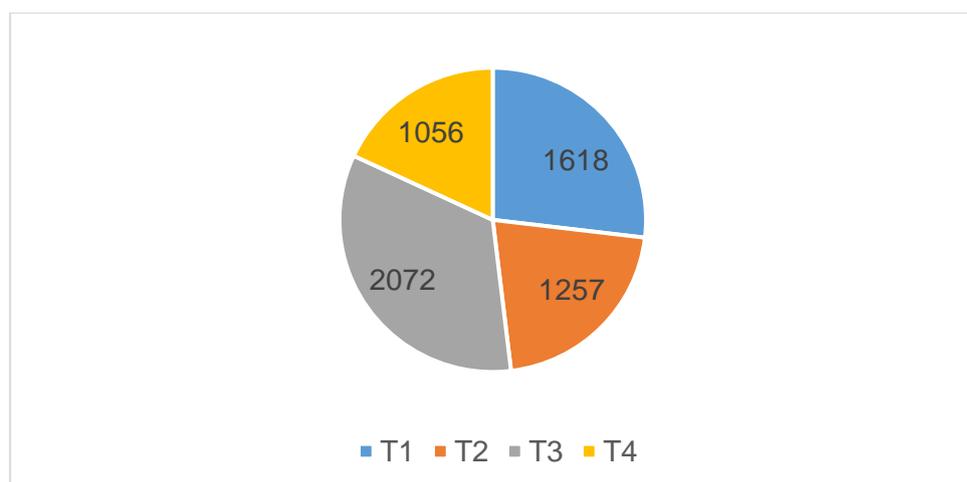
## 4 RESULTADOS

Al finalizar los 80 días del proyecto se contó el número de lombrices que habitaron en los recipientes correspondientes a cada uno de los cuatro tratamientos. Durante el primer día del experimento un total de 100 lombrices se agregaron por recipiente y de cada una de las cuatro repeticiones se obtuvo un valor superior al inicial. Los datos se procesaron y presentaron en gráficos y tablas.

### 4.1 Tamaño poblacional

Posterior al conteo de las lombrices, el tratamiento a base de borra de café (T3) presentó la mayor cantidad de lombrices con un total de 2 072. El tratamiento a base de tierra con hojas secas (T4) dio como resultado la menor cantidad con un total de 1 056 lombrices. Los tratamientos con desechos de cocina (T1) y cáscara de cacao (T2) finalizaron con 1 618 y 1 257 lombrices respectivamente como lo está ilustrado en el Gráfico 2.

**Gráfico 2.** Número de lombrices por tratamiento al finalizar los 80 días

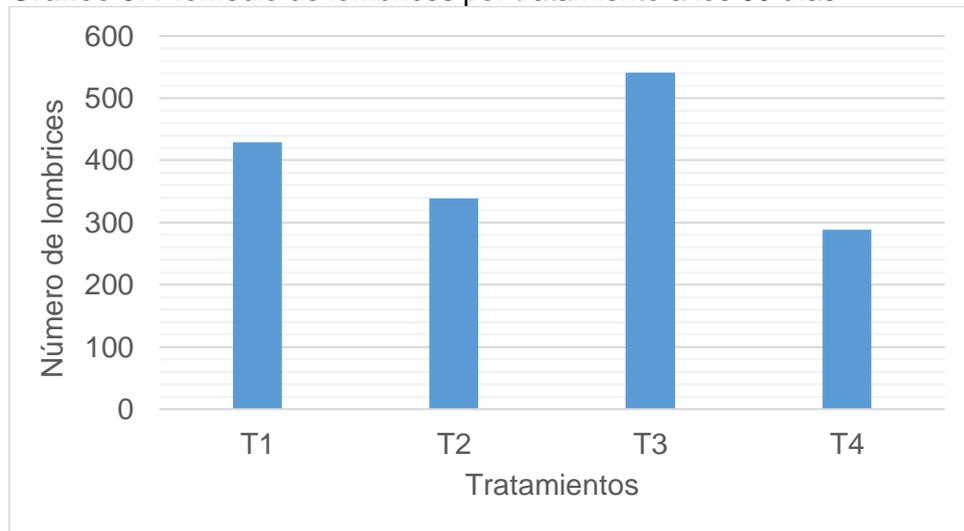


Elaborado por: El Autor

### 4.2 Promedio de lombrices en repeticiones por tratamiento

Tras concluir el conteo se realizó el promedio del número de lombrices por repetición de cada tratamiento lo cual está representado por el Gráfico 3.

**Gráfico 3.** Promedio de lombrices por tratamiento a los 80 días



**Elaborado por:** El Autor

#### 4.3 Análisis de varianza

El análisis de varianza comprobó que los cuatro tratamientos fueron estadísticamente significativos lo cual está demostrado en la Tabla 5 por el valor de p inferior a 0.05 por lo tanto se rechazó la hipótesis nula y se aceptó que el tipo de sustrato utilizado sí está relacionado con un incremento en la reproducción de la lombriz.

**Tabla 5.** Cuadro de Análisis de la Varianza

| Variable    | N         | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|-------------|-----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Conteo      | 16        | 0.97           | 0.94              | 6.09  |         |
| F.V.        | SC        | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo      | 148431.5  | 6              | 24738.58          | 41.75 | <0,0001 |
| Tratamiento | 146767.25 | 3              | 48922.42          | 82.57 | <0,0001 |
| Repetición  | 1664.25   | 3              | 554.75            | 0.94  | 0.4625  |
| Error       | 5332.25   | 9              | 592.47            |       |         |
| Total       | 153763.75 | 15             |                   |       |         |

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.4 Test de Tukey

Para determinar los tratamientos que no fueron estadísticamente diferentes se realizó el Test de Tukey expuesto en la Tabla 6 en donde los tratamientos T2 y T4 fueron representados con la letra A por lo tanto no hubo diferencias significativas entre ellos.

**Tabla 6.** Test de Tukey

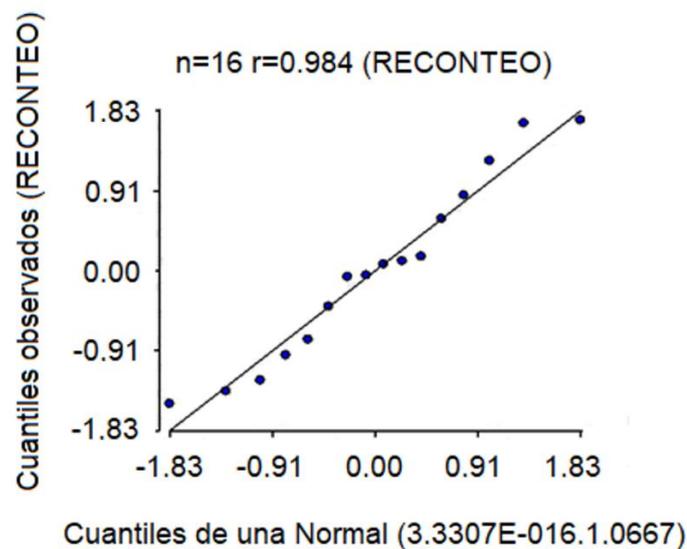
| TRAT | Medias | n | E.E.  |   |
|------|--------|---|-------|---|
| T4   | 264    | 4 | 12.17 | A |
| T2   | 314.25 | 4 | 12.17 | A |
| T1   | 404.5  | 4 | 12.17 | B |
| T3   | 518    | 4 | 12.17 | C |

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.5 Gráfico Q – Q Plot

Comparando los valores con los teóricos de una distribución normal estándar se aplicó la comprobación de normalidad de residuos, uno de los supuestos teóricos del ANOVA paramétrico. En Gráfico 4 los puntos se acercan a la recta por lo tanto se distribuyen normalmente.

**Gráfico 4.** Cuantiles de las distribuciones



**Elaborado por:** El Autor

#### 4.6 Prueba de Shapiro - Wilk

Demostrado en la Tabla 7 por medio de Shapiro – Wilk se midió el ajuste de los residuos a la distribución normal confirmando el análisis gráfico cuantil - cuantil. Al ser el valor de p (Unilateral D) superior a alfa se establece que hay suficiente evidencia para corroborar que la distribución es normal.

**Tabla 7.** Shapiro - Wilks (modificado)

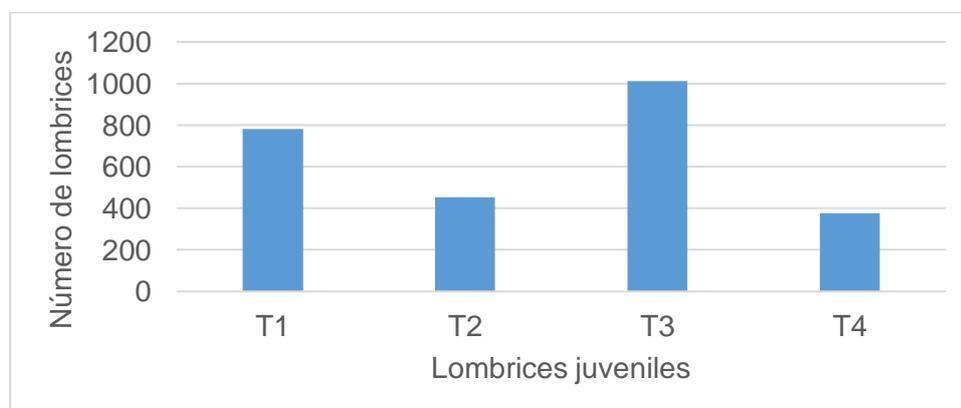
| Variable  | n  | Media | D.E. | W    | p (Unilateral D) |
|-----------|----|-------|------|------|------------------|
| RE CONTEO | 16 | 0     | 1.03 | 0.92 | 0.3193           |

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.7 Lombrices Juveniles y Adultas

Se consideró que la manipulación previa de los tratamientos pudo incidir con el valor final de los resultados por lo tanto la información se obtuvo una vez terminado los 80 días del proyecto. El Gráfico 5 muestra la cantidad total de lombrices juveniles obtenidas por tratamiento al finalizar los 80 días. El tratamiento T3 con un total de 1 011 lombrices juveniles presentó una cantidad superior al resto de tratamientos y T4 finalizó con la menor cantidad, 375 juveniles. T1 y T2 dieron como resultado 781 y 453 lombrices juveniles respectivamente.

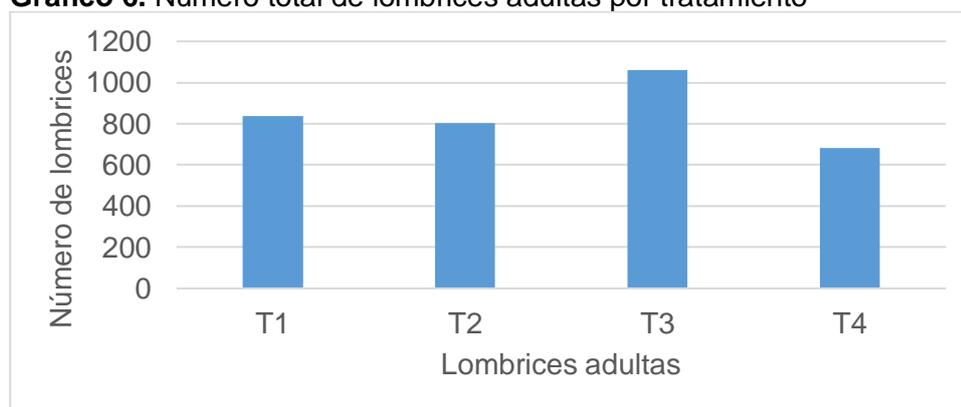
**Gráfico 5.** Número total de lombrices juveniles por tratamiento



**Elaborado por:** El Autor

En el Gráfico 6 se aprecia el número total de lombrices adultas por tratamiento al finalizar el trabajo. La cantidad de lombrices adultas en T3 superó al resto de tratamientos con un total de 1 061. La menor cantidad de adultas se presentó en el tratamiento T4 con un total de 681. Los tratamientos T1 y T2 finalizaron con 837 y 804 lombrices adultas respectivamente.

**Gráfico 6.** Número total de lombrices adultas por tratamiento



**Elaborado por:** El Autor

#### 4.8 Tabla de contingencia

La tabla de contingencia representada en la Tabla 8 determinó que no se acepta la hipótesis nula al ser el resultado menor de 0.05 demostrando que sí hubo una asociación entre los tipos de sustratos y el número superior de lombrices juveniles y adultas al finalizar los 80 días del experimento.

**Tabla 8.** Tablas de contingencia  
Frecuencias Absolutas  
En columnas: Etapa de desarrollo

| TRATAMIENTOS | Juveniles | Adultas | Total |
|--------------|-----------|---------|-------|
| T1           | 781       | 837     | 1 618 |
| T2           | 453       | 804     | 1 257 |
| T3           | 1 011     | 1 061   | 2 072 |
| T4           | 375       | 681     | 1 056 |
| Total        | 2 620     | 3 383   | 6 003 |

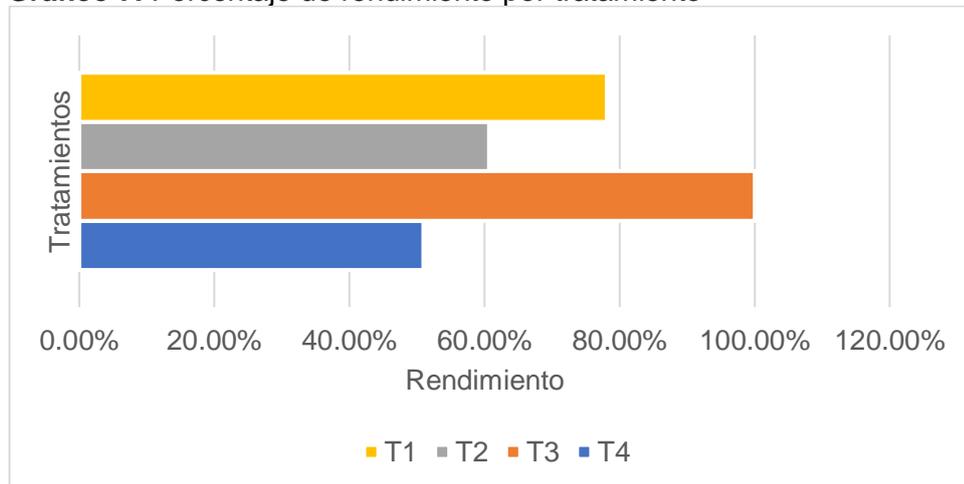
| Estadístico            | Valor  | gl | p        |
|------------------------|--------|----|----------|
| Chi Cuadrado Pearson   | 109.37 | 3  | < 0.0001 |
| Chi Cuadrado MV-G2     | 110.59 | 3  | < 0.0001 |
| Coef. Conting. Cramer  | 0.09   |    |          |
| Coef. Conting. Pearson | 0.13   |    |          |

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.9 Rendimiento

Para demostrar el rendimiento de los tratamientos se comparó el total de lombrices del tratamiento T3 con el total de lombrices del tratamiento T4 en donde, T3 representó el 100 % de la tasa de reproducción en condiciones ideales y T4 el 50.97 % por lo tanto el tratamiento T3 rinde un 49.03 % más que el tratamiento T4 para la reproducción de lombrices. Con respecto a los tratamientos T1 y T2, el tratamiento T3 rindió 21.91 % y 39.33 % más que los anteriormente mencionados respectivamente. El Porcentaje de rendimiento por tratamiento está representado en el Gráfico 7.

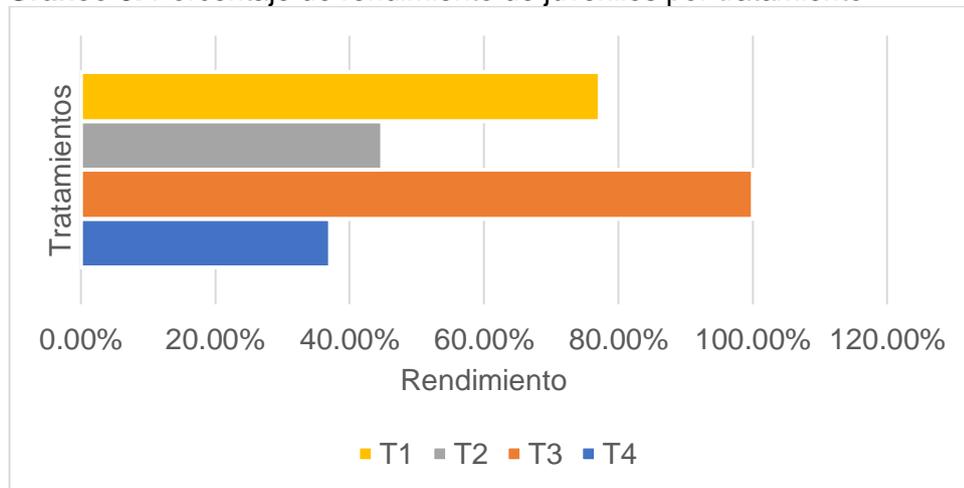
**Gráfico 7.** Porcentaje de rendimiento por tratamiento



**Elaborado por:** El Autor

Posteriormente se comparó el total de lombrices juveniles del tratamiento T3 con el total de lombrices juveniles del tratamiento T4 en donde T3 representó el 100 % de la tasa de reproducción en condiciones ideales y T4 el 37.09 % por lo tanto el tratamiento T3 rinde un 62.91 % más que el tratamiento T4 para la reproducción de lombrices juveniles. Con respecto a los tratamientos T1 y T2, el tratamiento T3 rindió 22.75 % y 55.19 % más que los anteriormente mencionados respectivamente. El Porcentaje de rendimiento de juveniles por tratamiento está representado en el Gráfico 8.

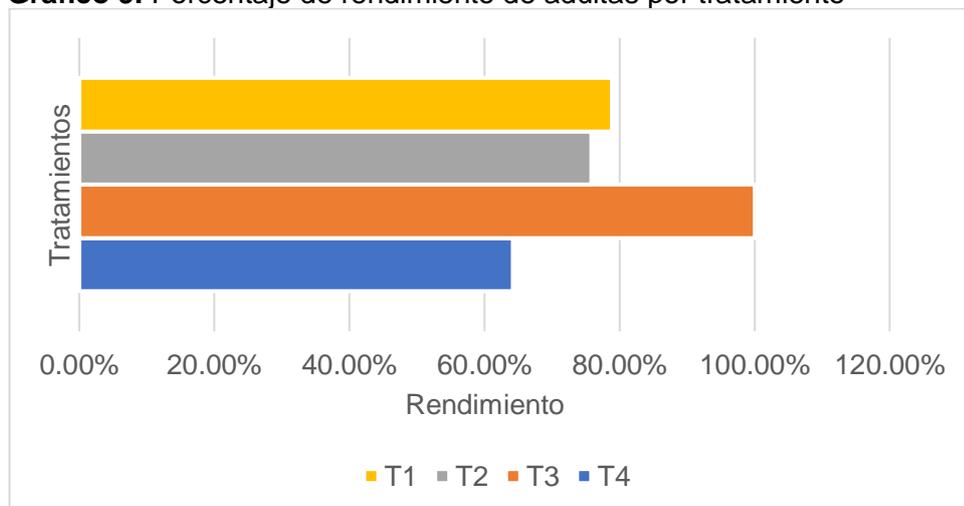
**Gráfico 8.** Porcentaje de rendimiento de juveniles por tratamiento



**Elaborado por:** El Autor

Finalmente se comparó el total de lombrices adultas del tratamiento T3 con el total de lombrices adultas del tratamiento T4 en donde T3 representó el 100 % de la tasa de reproducción en condiciones ideales y T4 el 64.18 % por lo tanto el tratamiento T3 rinde un 35.82 % más que el tratamiento T4 para la reproducción de lombrices adultas. Con respecto a los tratamientos T1 y T2, el tratamiento T3 rindió 21.11 % y 24.22 % más que los anteriormente mencionados respectivamente. El Porcentaje de rendimiento de adultas por tratamiento está representado en el Gráfico 9.

**Gráfico 9.** Porcentaje de rendimiento de adultas por tratamiento



**Elaborado por:** El Autor

## 5 DISCUSIÓN

Al finalizar el trabajo se pudo determinar la cantidad de lombrices que se originó a partir de cada sustrato. El tratamiento con borra de café dio el mayor número de lombrices, tanto adultas como juveniles. Como lo expuesto por Gallardo, Contreras, Jaramillo y Alban (2018) utilizando borra de café como sustrato se puede lograr producir una mayor cantidad en comparación con el material orgánico precompostado. Quilcaro y Melissa (2018) reportaron que los desechos orgánicos tienen una mayor capacidad para retener humedad lo cual favorece la producción de lombrices. Esto se refleja con los resultados obtenidos donde los tratamientos T1 y T3 brindaron los mejores resultados en comparación con los tratamientos T2 y T4.

El estudio de Castañeda (2015) demostró que los desechos orgánicos previamente descompuestos son un mejor sustrato comparado con los que no lo están. La *Eisenia foetida* no mastica su alimento por lo que debe absorber el material que se encuentra disgregado. El tratamiento T1 al contar con desechos de cocina precompostados brindó a las lombrices la facilidad de absorber nutrientes de una manera más rápida que los sustratos encontrados en los tratamientos T2 y T4.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T4 lo cual indica que la cáscara de cacao no es la mejor alternativa para la producción de lombrices. En este estudio no se realizó el precompostaje de las cáscaras de cacao por lo tanto los resultados fueron diferentes a los del trabajo realizado por Loo y Serafin (2013) los cuales evaluaron el rendimiento de la cáscara de cacao junto con bovinaza para la producción de lombrices. Los autores llegaron a la conclusión que utilizar la cáscara de cacao contribuye a un mayor número de huevos y por ende una mayor cantidad de lombrices.

La cantidad de lombrices adultas fue mayor en todos los tratamientos lo cual va de la mano con lo puntualizado por Cajas (2013) a excepción del

sustrato con la menor cantidad de nutrientes (T4). En su estudio la autora describe como el tratamiento a base de aserrín genera un menor número de juveniles debido a la falta de componentes nutritivos para la maduración de la lombriz. El tratamiento T4 generó la población con menos lombrices juveniles en comparación con el resto de tratamientos. Esto se debe a que el sustrato de tierra con hojas secas no aporta el mismo sustento que la borra de café o los desperdicios de cocina. Al estar en un medio con menos cantidad de alimento, la lombriz opta por frenar su reproducción a favor de su desarrollo. Este comportamiento es descrito por Durán y Henríquez (2009) quienes experimentaron con cinco sustratos de los cuales hubo un mayor número de individuos adultos en los medios menos nutritivos.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los sustratos menos nutritivos de tierra con hojas secas y cáscaras de cacao presentaron un número superior de lombrices en comparación con el inicial lo cual demuestra que manteniendo las condiciones de pH, humedad y temperatura apropiadas se puede criar lombrices en medios no tan enriquecidos. Los desechos orgánicos de cocina precompostados y la borra de café son una alternativa conveniente para criar *Eisenia foetida* ya que sus nutrientes están inmediatamente disponibles para ser absorbidos por la lombriz.

Dependiendo de las condiciones del medio la lombriz puede reproducirse con mayor frecuencia o disminuir la producción de huevos a expensas de su crecimiento. Si el interés del productor es obtener lombrices juveniles para crear más composteras se recomienda agregar constantemente alimento precompostado en los sustratos.

El sustrato de café presentó un mayor rendimiento que los desperdicios de cocina, la tierra y la cáscara de cacao. El consumo de café filtro es común en el hogar, por lo tanto, la borra de café que se obtiene puede utilizarse como sustrato rico en nutrientes para lombrices. La cría de lombrices es una práctica que la puede llevar a cabo tanto el productor como los interesados en tener en su hogar un sistema para convertir los desperdicios de cocina en abono para las plantas.

### 6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar mezclas de los sustratos en diferentes concentraciones y evaluar la eficacia de los mismos. A su vez, seguir con el control estricto de la humedad, pH y temperatura del medio.

En este trabajo no se realizó el precompostaje de las cáscaras de cacao, por lo tanto, las lombrices no pudieron aprovecharlo lo cual contribuyó a una menor producción de las mismas. En futuros trabajos se recomienda ejecutar el precompostaje previo al inicio del estudio.

Se sugiere hacer conteos de lombrices y cocones de varias muestras por repetición cada mes para determinar en qué punto del estudio empieza la producción de huevos, así como el aumento del número de lombrices juveniles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aira, M., Pérez-Losada, M., & Domínguez, J. (2018). Diversity, structure and sources of bacterial communities in earthworm cocoons. *Scientific reports*, 8(1), 6632.
- Aira, M., & Domínguez, J. (2011). Earthworm effects without earthworms: inoculation of raw organic matter with worm-worked substrates alters microbial community functioning. *PloS one*, 6(1).
- Arora, S., Rajpal, A., Kumar, T., Bhargava, R., & Kazmi, A. A. (2014). A comparative study for pathogen removal using different filter media during vermifiltration. *Water science and technology*, 70(6), 996-1003.
- Bahadori, Z., Esmaylzadeh, L., & Torshizi, M. A. K. (2015). The effect of earthworm (*Eisenia fetida*) and vermihumus meal in diet on broilers chicken efficiency and carcass components. In *Biological Forum* (Vol. 7, No. 1, p. 998). Research Trend.
- Cajas Sánchez, S. F. (2013). Efecto de la Utilización de Aserin en la Combinación con Estiercol Bovino" Como Sustrato en la Producción de Humus de Lombriz (*Eisenia Foética*) Lombriz Roja Californiana" (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Carihuasari Panduro, R. (2018). Concentraciones de *Eisenia foetida* más estiércol de vacuno y su efecto en las características nutricionales del pasto de maralfalfa en Zungarococha-2018.

- Castañeda Oliva, D. A. (2015). Evaluación de seis sustratos alimenticios para mejorar el incremento poblacional de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), diagnósticos y servicios realizados en el vivero municipal “La Península”, Guatemala, Guatemala, CA (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Chen, J., Saleem, M., Wang, C., Liang, W., & Zhang, Q. (2018). Individual and combined effects of herbicide tribenuron-methyl and fungicide tebuconazole on soil earthworm *Eisenia fetida*. *Scientific reports*, 8(1), 2967.
- Deivanayaki, M., & Nanthini, R. (2016). Effect of different sheep droppings media on the growth and cocoon production of *Eisenia fetida*. *Research Journal of Science and Technology*, 8(3), 142.
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Emperor, G. N., & Kumar, K. (2015). Microbial population and activity on vermicompost of *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida* in different concentrations of tea waste with cow dung and kitchen waste mixture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(10), 496-507.
- Emperor, G. N., Kumar, K., & Ravikumar, G. (2016). Growth performance and hatchling rate of *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida* in different concentrations of tea waste, cow dung and kitchen waste mixture. *Asian Journal of Innovative Research*, 1(1), 46-52.
- Gallardo, L., Contreras, Y., Jaramillo, J., & Alban, R. E. (2018). La lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) una Aliado en la Agricultura Urbana Sustentable. *Cadernos de Agroecología*, 13(1).

- Gong, X., Wei, L., Yu, X., Li, S., Sun, X., & Wang, X. (2017). Effects of rhamnolipid and microbial inoculants on the vermicomposting of green waste with *Eisenia fetida*. *PloS one*, 12(1), e0170820.
- Hanc, A., & Pliva, P. (2013). Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15(4), 431-439.
- Jokić, S., Gagić, T., Knez, Ž., Šubarić, D., & Škerget, M. (2018). Separation of active compounds from food by-product (cocoa shell) using subcritical water extraction. *Molecules*, 23(6), 1408.
- Kadir, A. A., Azhari, N. W., & Jamaludin, S. N. (2016). An overview of organic waste in composting. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 05025). EDP Sciences.
- Kim, H. (2016). A Study on the Utilization of the Earthworms *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei* for the Disposal of Polymers. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(5), 355.
- Kothari, R., Verma, S., & Tyagi, V. V. (2016). Vermicomposting parameters play an effective role in green sustainable approach.
- Kumar, D. S., Kumar, P. S., Kumar, V. U., & Anbuganapathi, G. (2013). Impact of biofertilizers on growth and reproductive performance of *Eisenia Fetida* (Savigny 1926) during flower waste vermicomposting process. *Annual Research & Review in Biology*, 574-583.
- Lima Mamani, W. (2016). Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con alimentación de estiércoles de animales en el vivero forestal de la prelatura de Corocoro en Patacamaya provincia Aroma La Paz (Doctoral dissertation).

- Loor, V., & Serafin, R. (2013). Niveles de estiércol de bovina mas cáscara de cacao en la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Lykas, C., Gougoulas, N., & Vagelas, I. (2019). Effect of Manure and Cocoa Shell Biomass Addition on Soil Chemical Properties Under Laboratory Incubation Conditions.
- Ma, T., Chen, L. K., Wu, L., Zhang, H., & Luo, Y. (2016). Oxidative stress, cytotoxicity and genotoxicity in earthworm *Eisenia fetida* at different di-n-butyl phthalate exposure levels. *PLoS One*, 11(3), e0151128.
- Malińska, K., Zabochnicka-Świątek, M., Cáceres, R., & Marfà, O. (2016). The effect of precomposted sewage sludge mixture amended with biochar on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* during laboratory vermicomposting. *Ecological Engineering*, 90, 35-41.
- Mistry, J., Mukhopadhyay, A. P., & Baur, G. N. (2015). Status of NPK in Vermicompost Prepared from Two Common Weed and Two Medicinal Plants. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 3(2), 193-196.
- Mohanta, K. N., Subramanian, S., & Korikanthimath, V. S. (2016). Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1138594.
- Mohapatra, D., Sahoo, K. K., & Sannigrahi, A. K. (2017). Impact of structural amendment of paper mill wastes with different organic materials on vermicomposting using *Eisenia fetida* earthworms. *J Environ Waste Manag*, 4(1), 53-63.

- Musyoka, S. N., Liti, D. M., Ogello, E., & Waidbacher, H. (2019). Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. *Aquaculture Research*.
- Pandit, N. P., & Maheshwari, S. K. (2012). Optimization of vermicomposting technique for sugarcane waste management by using *Eisenia fetida*. *Int. J. Biosci*, 10(1), 143-155.
- Plytycz, B., Bigaj, J., Osikowski, A., Hofman, S., Falniowski, A., Panz, T., Grzmił, P., & Vandenbulcke, F. (2018). The existence of fertile hybrids of closely related model earthworm species, *Eisenia andrei* and *E. fetida*. *PloS one*, 13(1), e0191711.
- Quilcaro, C., & Melissa, W. (2018). Uso de la Lombriz Roja (*Eisenia Foetida*) en lodos activados de la PTAR “San Antonio de Carapongo” y residuos orgánicos para la producción de humus-Lima 2018.
- Rani, R. (2017). Effect of fungicides on the growth parameters and gut bacterial population in *Eisenia fetida* (Doctoral dissertation, CCSHAU).
- Renčo, M., & Kováčik, P. (2015). Assessment of the nematicidal potential of vermicompost, vermicompost tea, and urea application on the potato-cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Journal of plant protection research*, 55(2), 187-192.
- Sahu, R. (2016). Effects of inoculation of the earthworm *eisenia fetida* on some chemical parameters and microbial population of remediated iron mine spoil (Doctoral dissertation).
- Singh, S., Bhat, A., Singh, J., Kaur, R., & Vig, A. (2016). Vermistabilization of thermal power plant fly ash using *Eisenia fetida*. *J. Ind. Pollut. Contr*, 32, 554-561.

- Vargas Lazo, A. M. (2018). Estudio de la producción de pellets a partir de borra de café. Ingeniería Química.
- Vítěz, T., Koutný, T., Šotnar, M., & Chovanec, J. (2016). On the spent coffee grounds biogas production. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(4), 1279-1282.
- Yard, J. (2010). *Eisenia fetida*. Wisconsin, EU.: BioWeb. Recuperado de [http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2010/yard\\_jose/adaptation.htm](http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2010/yard_jose/adaptation.htm)
- Zwarycz, A. S., Nossa, C. W., Putnam, N. H., & Ryan, J. F. (2015). Timing and scope of genomic expansion within Annelida: evidence from homeoboxes in the genome of the earthworm *Eisenia fetida*. *Genome biology and evolution*, 8(1), 271-281.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Tamaño poblacional de lombrices por repetición**

| <b>TRATAMIENTO</b> | <b>REPETICIÓN</b> | <b>CONTEO</b> |
|--------------------|-------------------|---------------|
| T1                 | R1                | 451           |
| T1                 | R2                | 382           |
| T1                 | R3                | 411           |
| T1                 | R4                | 374           |
| T2                 | R1                | 305           |
| T2                 | R2                | 317           |
| T2                 | R3                | 354           |
| T2                 | R4                | 281           |
| T3                 | R1                | 474           |
| T3                 | R2                | 589           |
| T3                 | R3                | 491           |
| T3                 | R4                | 518           |
| T4                 | R1                | 282           |
| T4                 | R2                | 228           |
| T4                 | R3                | 241           |
| T4                 | R4                | 305           |

**Elaborado por:** El Autor

### Anexo 2. Tratamientos y repeticiones



Fuente: El Autor

### Anexo 3. Recipiente para almacenar lombrices



Fuente: El Autor

**Anexo 4.** Recipiente utilizado durante el conteo



**Fuente:** El Autor

**Anexo 5.** Precompostaje de desechos de cocina



**Fuente:** El Autor

**Anexo 6. Tratamiento con cáscara de cacao**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 7. Lombrices juveniles y adultas**



**Fuente:** El Autor



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Jaramillo Vélez, Raúl Alejandro**, con C.C: # 0923376453 autor del trabajo de titulación: **Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de *Eisenia foetida* en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas** previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **2 de marzo de 2020**

---

Nombre: **Jaramillo Vélez, Raúl Alejandro**

C.C: **0923376453**



| <b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>   |   |  |    |
|---|---|--|----|
| <b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>   |   |  |    |
| <b>TEMA Y SUBTEMA:</b>  | Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de <i>Eisenia foetida</i> en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas |  |    |
| <b>AUTOR(ES)</b>  | Raúl Alejandro, Jaramillo Vélez   |  |    |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>  | Luis Antonio, Cobo Argudo   |  |    |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>   | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil   |  |    |
| <b>FACULTAD:</b>  | Educación Técnica para el Desarrollo  |  |    |
| <b>CARRERA:</b>   | Medicina Veterinaria y Zootecnia  |  |    |
| <b>TÍTULO OBTENIDO:</b>   | Médico Veterinario Zootecnista  |  |    |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>  | 2 de marzo del 2020   | <b>No. DE PÁGINAS:</b>                     | 57 |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>   | Biología, Desarrollo Sostenible, Ecología   |  |    |
| <b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>  | lombricultura, vermicomposta, sustratos, reproducción   |  |    |
| <b>RESUMEN:</b> En el siguiente trabajo se evaluó la incidencia de cuatro tipos de sustratos sobre la reproducción de la <i>Eisenia foetida</i> en un módulo de lombricultura urbano. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento y dos controles por semana de humedad, pH y temperatura del medio en el cual se desarrollaron las lombrices. Se colocaron 100 lombrices en cada repetición y se contó el total de juveniles y adultas a los 80 días. Utilizando el paquete estadístico Infostat se determinó que el tipo de sustrato está relacionado con la cantidad de lombrices nuevas por tratamiento, siendo los tratamientos T1 (desechos de cocina) y T3 (borra de café) los que mostraron mejores resultados. |   |  |    |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>   | <input checked="" type="checkbox"/> SI  | <input type="checkbox"/> NO                |    |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>   | <b>Teléfono:</b> +593-998084236   | <b>E-mail:</b> raulalejandrorcom@gmail.com |    |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>   | <b>Nombre:</b> Caicedo Coello, Noelia Carolina  |  |    |
|   | <b>Teléfono:</b> +593-4-987361675   |  |    |
|   | <b>E-mail:</b> noecaicedocoello@gmail.com   |  |    |
| <b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>   |   |  |    |
| <b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>   |   |  |    |
| <b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>  |   |  |    |
| <b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>   |   |  |    |