

Evaluación de cuatro diferentes sustratos en el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su influencia en la composición del lombricompost

Luz Yanira Rubiano Rojas

Trabajo de Grado para Optar al Título de Zootecnista

Director

Laura Vanessa Álvarez Palomino

Médica Veterinaria Zootecnista

MS(c) Agronegocios

Codirector

José Luis Castellanos Prada

Médico Veterinario Zootecnista

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

LUZ YANIRA RUBIANO ROJAS

Este proyecto está dedicado a mi principal guía, Dios (sin él nada se logra), por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos; además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Maura Delia Rojas Ávila y Víctor Julio Rubiano Roa por haberme apoyado en todo momento. Por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser persona de bien. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante ante cualquier obstáculo, pero más que nada... por su amor.

A mis hermanos, Cristian Benicio Rojas Ávila, Nilson Herney Rubiano Rojas y Nury Yasmin Rubiano Rojas, por su apoyo.

A mi pareja quien estuvo acompañándome en cada dificultad presentada en esta trayectoria.

A mis docentes y compañeros que me acompañaron durante mi carrera como zootecnista y que compartieron a mi lado momentos especiales que dejaron recuerdos inolvidables.

Agradecimientos

La autora expresa sus agradecimientos a:

José Gregorio Sandoval Rincón y Liseth Paola Rojas Martínez, Zootecnistas, de la Universidad Industrial de Santander por la aceptación y colaboración en el proyecto.

A mi directora de tesis Laura Vanessa Álvarez Palomino y a mi codirector Jose Luis Castellanos Prada por su apoyo durante el desarrollo del proyecto realizado.

A todos los docentes que de una u otra manera aportaron un poco de conocimiento de cada tema durante la trayectoria de la carrera de zootecnia.

A Manuel Hernández por su apoyo económico y acompañamiento durante el proceso y realización del proyecto.

Al señor Javier Lesmes por su generosidad y apoyo durante la realización de la tesis.

Tabla de Contenido

	Pág.
Contenido	
Introducción	10
1. Objetivos	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. Antecedentes	13
3. Marco Teórico.....	16
3.1 Lombricultura	16
3.2 Lombriz Roja Californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	17
3.2.1 Taxonomía de la Eisenia foetida	17
3.2.2 Morfología	18
3.2.3 Reproducción	18
3.2.4 Ciclo de vida	19
3.3 Sustratos en Lombricultura	19
3.3.1 Que es un Sustrato	19
3.3.2 Importancia del Sustrato	19
3.3.3 Influencia del Sustrato en la Lombricultura	20
3.4 Compostadores.....	22
3.4.1 Dimensión del Compostador	22
3.4.2 Materiales	22
3.5 Factores Medioambientales.....	25
3.5.1 Ph	25
3.5.2 Humedad	25
3.5.3 Temperatura	25
3.5.4 Iluminación	26

3.5.5 Aireación	26
4. Metodología.....	26
4.1 Ubicación.	26
4.2 Establecimiento del Cultivo de Lombriz Roja Californiana	27
4.3 Tratamientos Experimentales	29
4.4 Variables que se midieron.....	29
4.4.1 Medición de Variables	30
4.5 Diseño Experimental y análisis estadístico.....	31
4.6 Análisis de Laboratorio	31
5. Resultados y discusión.....	31
6. Conclusiones	50
7. Recomendaciones	52
8. Referencias Bibliográficas	53
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

Lista de Tablas

Tabla 1	Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana	17
Tabla 2	Composición química de algunos estiércoles	21
Tabla 3	Composición química del humus de lombriz.....	24
Tabla 4	Tratamientos utilizados durante la investigación.....	29
Tabla 5	Promedio del número de lombrices en cada uno de los tratamientos evaluados	33
Tabla 6	Análisis de varianza del número de lombrices	33
Tabla 7	Promedio del número de huevos en cada uno de los tratamientos	35
Tabla 8	Análisis de varianza del número de huevos.....	36
Tabla 9	Longitud de las lombrices en cada uno de los tratamientos y sus réplicas.	38
Tabla 10	Análisis de varianza de la longitud de las lombrices	38
Tabla 11	Peso de las lombrices en cada tratamiento y sus réplicas.	40
Tabla 12	Análisis de varianza de la variable peso	40
Tabla 13	Niveles de carbono en cada tratamiento y sus replicas.....	42
Tabla 14	Niveles de nitrógeno de cada tratamiento y sus replicas	44
Tabla 15	Relación carbono/nitrógeno en los diferentes sustratos.....	45
Tabla 16	Niveles de Ph en los tratamientos evaluados	46
Tabla 17	Materia orgánica por tratamiento.....	47
Tabla 18	Materia seca por réplicas de cada tratamiento	48

Lista de Figuras

Figura 1 Ubicación del estudio	27
Figura 2 Número de lombrices por tratamiento.....	34
Figura 3 Número de huevos por tratamiento	37
Figura 4 Promedio total en cada uno de los tratamientos	39
Figura 5 Peso (gr) de las lombrices rojas californianas por tratamiento	41
Figura 6 Carbono presente en el compost final	43
Figura 7 Nitrógeno de lombricompost final	44
Figura 8 Promedio total de pH entre tratamientos evaluados.....	46
Figura 9 Grafica de materia orgánica por cada tratamiento.....	47
Figura 10 Grafica de materia seca por tratamiento.....	48

Resumen

Título: Evaluación de cuatro diferentes sustratos en el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su influencia en la composición del lombricompost. *

Autor: Luz Yanira Rubiano Rojas**

Palabras Clave: Lombriz roja californiana, lombricompost, lixiviado, sustratos

La fertilización en Colombia hace parte elevada de los costos dentro de las producciones, lo que hace que el producto final tenga un costo mayor al poder adquisitivo; por ello, es importante generar nuevas alternativas de solución como el lombricompost que se basa en la cría y producción de *Eisenia foetida*, en este caso se evaluaron cuatro sustratos que fueron contenido ruminal, estiércol equino, estiércol bovino y estiércol porcino; para determinar en cuál de ellos era más viable la producción y el desarrollo de las mismas a través de las características morfométricas y la calidad del compost; para ello se realizaron tomas de datos semanales durante los meses de julio a septiembre, según esto, el número de lombrices fue mayor en el T3 (estiércol bovino) con un promedio de 34.43 lombrices/tratamiento, el número de huevos se presentó en mayor cantidad en el T2 (Estiercol equino) con un promedio de 26.43 huevos/tratamiento; longitud (6.53 cm/lombriz) y peso (0.8 gr/lombriz), la ruminaza fue quien permitió un mayor desarrollo morfológico de la lombriz. En cuanto al análisis químico de la materia seca (MS), el T1 (Contenido ruminal) fue el que presentó mayor valor con promedio de 7.12 %; materia orgánica (MO), el mayor valor lo presentó el T4 (estiércol porcino) con promedio de 44.8 %, para el pH, el T2 con valor de 7.57 unidades de pH; por otro lado, el análisis de carbono en el que el tratamiento con mayor cantidad fue el T2, presentando un promedio de 39.3 % y para el nitrógeno la mayor cantidad la presentó el T4 con un promedio de 2.68 %; en la relación C/N el mejor tratamiento fue el T2 por su relación promedio de 26:1; por último, en cuanto a conductividad eléctrica, en los análisis de laboratorio, no fue detectado (ND) ningún valor referente.

* Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Directora Ms(c). MVZ. Laura Vanessa Álvarez Palomino. Codirector MVZ. José Luis Castellanos Prada

Abstract

Title: Evaluation of four different substrates in the morphological development of the Californian red worm (*Eisenia foetida*) and its influence on vermicompost composition.^{1*}

Author(s): Luz Yanira Rubiano Rojas²

Key Words: Californian red worm, vermicompost, leachate, substrates

Fertilization in Colombia is a high part of the costs of production, which makes the final product have a higher cost than the purchasing power; therefore, it is important to generate new alternative solutions such as vermicompost based on the breeding and production of *Eisenia foetida*, in this case four substrates were evaluated which were rumen content, equine manure, bovine manure and swine manure; to determine in which of them was more viable the production and development of the same through the morphometric characteristics and the quality of the compost; for this purpose, weekly data were taken during the months of July to September, according to this, the number of worms was higher in T3 (bovine manure) with an average of 34.43 worms/treatment, the number of eggs was higher in T2 (equine manure) with an average of 26.43 eggs/treatment; length (6.53 cm/ worm) and weight (0.8 gr/ worm), the ruminaza was the one that allowed a higher morphological development of the worm. Regarding the chemical analysis of dry matter (DM), T1 (rumen content) was the one that presented the highest value with an average of 7.12 %; organic matter (OM), the highest value was presented by T4 (swine manure) with an average of 44.8 %, for pH, T2 with a value of 7.57 pH units; on the other hand, the carbon analysis in which the treatment with the highest amount was T2, presenting an average of 39.3 % and for nitrogen, the highest amount was presented by T4 with an average of 2.68 %; in the C/N ratio, the best treatment was T2 for its average ratio of 26:1.3 % and for nitrogen the highest amount was presented by T4 with an average of 2.68 %; in the C/N ratio the best treatment was T2 for its average ratio of 26:1; finally, in terms of electrical conductivity, in the laboratory analysis, no reference value was detected (ND).

^{1*}Degree Work

^{2**}Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Directora Ms(c). MVZ. Laura Vanessa Álvarez Palomino. Codirector MVZ. Jose Luis Castellanos Prada

Introducción

Para incrementar la fertilidad y recuperar los suelos, disminuir el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, ahorrar costos de producción y mejorar las propiedades nutricionales de múltiples cultivos, los abonos orgánicos son una de las mejores alternativas que disponen los agricultores de Colombia para aportar calidad a las cosechas (Cardona, 2019). Sin embargo, la producción y uso de estas sustancias que se componen de desechos de origen animal, vegetal o mixto y que se agregan al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas, no es tan significativo en el país como se pretende.

Por otro lado, el uso de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) ha sido objeto de estudio debido a la importancia que tiene para la producción de abono orgánico de calidad y la gestión de residuos orgánicos, pero existen limitaciones en cuanto a la disponibilidad y el costo de los materiales utilizados como sustratos, lo que puede afectar la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción. Actualmente se tiene como principal sustrato el estiércol bovino, muchas veces usado como compost (Romero, 2018), aunque esto no es sinónimo de viabilidad frente al mercado, ya que existen diferentes materiales de origen animal, vegetal y comercial que pueden ofrecer un mayor rendimiento (Da Silva, 2019), éste último se constituye de fertilizantes minerales y materiales de fuentes no renovables (Eckhardt et al., 2021); por ello es importante evaluar, cómo influye el sustrato base de la lombricultura en el desarrollo morfológico de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y en la calidad del lombricompost.

Como se mencionó anteriormente, en el medio existen diferentes sustratos lo cual es necesario investigar, realizar estudios y poner a prueba los mismos para comprobar cuál es la incidencia que tiene en el desarrollo morfológico de la lombriz, esto debido a que entre mayor desarrollo de la lombriz haya, mayor capacidad de generación de abono va a tener. También es

necesario considerar cuál es la calidad que tiene cada uno de estos lombricompuestos, teniendo en cuenta que en su mayoría van a estar dados por la capacidad que tienen de nitrógeno (N), carbono (C), relación C/N, ph, humedad, materia orgánica, entre otros; y que van a generar que haya una mejor y mayor calidad en el lombricompost para poder ser utilizado en diferentes procesos de agricultura o restauración de suelos que tengan un enfoque sostenible y sustentable, es decir, que a la vez de que permita generar mayores producciones y enmiendas de suelos, éste no genere desechos y procesos que deterioran el medio ambiente.

El presente trabajo académico se basó en el desarrollo de la Eisenia foetida en criadero, la lombriz roja californiana ha tenido gran acogida en el sector agrícola y pecuario, lo anterior debido a que diferentes investigaciones concluyen en beneficios tanto en su valor proteico como con la producción de humus y lombricompost, estos hallazgos han sido popularizados hace varias décadas, debido a la creciente preocupación por temas como el cuidado del medio ambiente, sobre-explotación de recursos que conlleva a la alta producción de residuos y su inadecuado manejo, pérdida de cobertura vegetal, baja productividad de los suelos asociado al uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas, con base a lo anterior varias disciplinas han enfocado la investigación en la Eisenia foetida, de igual manera, hay que resaltar que la materia orgánica tiene alta disponibilidad y al adquirirla se convierte en una fuente de ingresos si se realiza de una manera tecnificada aprovechando los subproductos derivados de esta actividad planteando una alternativa para el manejo adecuado de los desechos e incluso una valorización o fuente de ingresos para pequeños productores, al mismo tiempo.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar cuatro diferentes sustratos para determinar el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y la calidad del lombricompost.

1.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana enfocado a crecimiento, peso y número de huevos con cada uno de los sustratos utilizados
- Analizar la calidad de lombricompost identificando la composición química en cuanto a carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), relación Carbono / Nitrógeno, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y materia seca a partir de los diferentes sustratos.

2. Antecedentes

El desarrollo de investigaciones en el área en amplio y de interés por la comunidad, no solo agropecuaria sino también la académica e investigativa, por ello, en el 2019 el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación llevó a cabo un proyecto titulado “biocompost para cultivos sostenibles“ ejecutado en el municipio de San Vicente de Chucurí, con vocación de suelos agrícolas y dedicados a la siembra de cacao, en este proceso se produce una gran cantidad de residuos, por ello la inadecuada gestión se convierte en una problemática ambiental como la generación de vectores que afectan en gran medida los cultivos y su producción, se concluye en dicho estudio que realizar actividades de compostaje y degradación de materia orgánica con diferentes micro-organismos reduce entre el 50 y hasta 85% el volumen de los desechos (Ministerio de ciencias, 2019).

Establecer la calidad y origen de los sustratos es clave para maximizar u optimizar la producción tanto de compost como de la densidad poblacional de la lombriz en sí misma, en un estudio realizado por estudiantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, se utilizó como sustrato orgánico de origen los desechos de viviendas, arrojando resultados diferentes con cada tipo de sustrato, donde cada nivel de acidez generó cambios significativos e incluso produjo la muerte de la población de lombrices así como la calidad del abono que tenía ciertas características en su composición final (Rivera Gallego & Yate Segura , 2018) cada sustrato es susceptible a cambios en los resultados y varían con cada adición de materia orgánica en varios aspectos e incluso puede que no cumplan con las condiciones de uso como fertilizantes de acuerdo con la NTC 5167 del instituto colombiano agropecuario ICA) ya que hay materiales putrescibles que favorecen las condiciones de las camas donde se realiza la biodigestión de dicha materia orgánica, de hecho puede ser que resulten incluso poco rentable la elaboración de estos bio-abonos como lo concluye en su trabajo de grado (Aguirre Otero & Leal Lugo,

2019) denominado propuesta de producción de bioabono a partir de estiércol bovino en la finca El Valle, Subachoque, Cundinamarca.

En un estudio realizado por la Universidad de Manizales en donde utilizaron tres sustratos (gallinaza, bovinaza y porcínaza) para producir lombricompuestos concluyó que el compost obtenido presentaba cierta variabilidad en los parámetros fisicoquímicos evaluados, indicando que el contenido de carbono orgánico fue superior en bovinaza con un valor de 29%, porcínaza con un valor de 20 % y gallinaza con un valor de 19%. Mientras que para el contenido de nitrógeno el mayor valor lo registró el de porcínaza con un 2%, seguido por la gallinaza con un valor de 1.8 % y la bovinaza con un valor de 1.5 % (Castro, 2014).

La utilización de residuos de la industria papelera para la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en la generación de vermicompost, es una investigación que se realizó con el objetivo de determinar la viabilidad del uso de lodo papelerero como fuente de alimento para la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), mezclada con estiércol bovino, hacia la obtención de vermicompost o una enmienda al suelo. Ya que al dar un uso a ese residuo se podía convertir en una alternativa de solución ambiental y económica frente a la disposición en vertederos.

El experimento lo realizaron en las instalaciones de la Finca El Caney, sede Rural del Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (Sabanalarga, Atlántico), donde utilizaron tratamientos a base de lodo con estiércol de bovino en proporciones del 100 %, 75 %, 50 %, 25 % y 0 %. Por cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones. El diseño estadístico seleccionado fue Bloques completos al azar, y análisis de medias Prueba Tukey. El lodo papelerero provino del residuo del papel tiramisut elaborado por la empresa UNIBOL S.A de Barranquilla. Dando como resultado que el mejor tratamiento fue el de 75% de estiércol y 25% de lodo (Jaimes, Vega, & Ortiz, 2020).

Un estudio realizado en met-mex Peñoles, Torreon, Coahuila por (Morales, 2010), en el cual evaluaron cuatro tratamientos, en el que el T1 utilizaron lodos residuales, el T2 era solamente sustrato a base de estiércol de caballo, éste se usó como tratamiento testigo, el T3 estaba compuesto por 2 partes de lodos residuales y 1 de caballo y el T4 era 1 de lodo residual y 2 con estiércol seco de caballo, obteniéndose al final del experimento que el tratamiento 2 (estiércol de caballo), supero la producción de cocones en comparación a los demás tratamientos.

Una investigación desarrollada por (Bustamante , García, & Botero, 2016), denominada comparación de tres sustratos en el cultivo de lombriz roja californiana; en el que las lombrices se alimentaron de estiércol de caballo, conejo y de papel, de acuerdo a distintos tratamientos; el estudio se llevó a cabo durante 45 días, los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento compuesto por estiércol de caballo, hojarasca y tierra fue el mejor por tener buen promedio y la menor varianza.

Según García, (2017), utilización de contenido ruminal como sustrato para la crianza de lombriz roja californiana (Eisenia foetida). En el cual realizaron un diseño experimental bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos experimentales fueron; T-0(Tratamiento testigo: 100% contenido ruminal); T-1(90% contenido ruminal+10% rastrojo de sorgo); T-2(90% contenido ruminal+10% cerdaza) y se aplicaron en dos fases experimentales. Obteniendo los resultados obtenidos permitieron afirmar que era posible criar la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) para la producción de vermicomposta y ácido húmico usando contenido ruminal y otros subproductos agrícolas como sustrato.

Un proyecto realizado por Arevalo (2017), se llevó a cabo en la finca Villa del Socorro, Vereda Mesetas, del municipio de Sasaima Cundinamarca en el cual se quería saber cómo influía la materia orgánica vegetal y el estiércol de caballo en las cantidades de carbono y nitrógeno presentes en el lombricompost elaborado a partir de dos sustratos, luego de realizar

los análisis en laboratorio a las muestras estos arrojaron como resultado una diferencia reveladora en cuanto a los contenidos de nitrógeno(N) y carbono (C) en las muestra de vermicompost, carbono total % 26.70 (C); % 2.25 (N) para la muestra uno (1) material vegetal y % 18.61 (C); % 1.54 (N) para la muestra 2 estiércol equino. Esta diferencia se atribuyó al tipo de alimento suministrado al lombricultivo, manejo o condiciones climáticas en la zona.

3. Marco Teórico

3.1 Lombricultura

La lombricultura es una técnica orgánica, que se maneja por medio de procesos naturales en el suelo, de esta manera permite favorecer obtener un impacto positivo dentro del sector agrícola (Salinas-Vásquez et al., 2014).

Tal como lo señalan los estudios de Hernández (2020), la lombricultura se destina a la crianza y manejo de lombrices, en cautiverio, de esta manera se extrae el humus para uso como fertilizante agrícola. No en vano esta actividad se ha convertido en objeto de diferentes investigaciones y materia de estudio para elevar su producción favoreciendo su desarrollo y crecimiento en densidad poblacional bajo las diferentes condiciones ambientales.

Los resultados de algunas investigaciones demuestran que al utilizar mejores sustratos y con mayor cantidad de materia orgánica en la alimentación de la lombriz se pueden lograr mejoras respecto a su peso corporal, la densidad poblacional y el contenido proteico de la harina y que estos parámetros pueden aumentar o disminuir en cuanto al tratamiento utilizado (Chávez et al., 2019).

3.2 Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)

Según el estudio de Reyes (2022), las lombrices constituyen un recurso potencial de gran interés en la sostenibilidad de la agricultura, ya que estos participan activamente en la regulación de las propiedades del suelo, la dinámica de la materia orgánica del entorno y el crecimiento de las plantas, junto a otros organismos macro descomponedores forman parte de la fauna del suelo. Esto se debe a su capacidad de descomponer la materia orgánica, reciclar nutrientes y la formación de suelo, actividad que puede ser afectada en presencia de elementos tóxicos en el suelo. Además, forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos, teniendo como beneficio el vermicompost.

3.2.1 Taxonomía de la *Eisenia foetida*

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana

Reino	Animal
Tipo	Anélido (cuerpo anillado)
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	Foetida

Nota: Se muestra la clasificación taxonómica de la *Eisenia foetida*, adaptado de (Sánchez Rocha , 2020)

3.2.2 Morfología

La lombriz californiana (*Eisenia foetida*) posee un color marrón, su tamaño varía entre los 7-12 cm y un diámetro de 3-5 mm, se consideran adultas a los 6 meses, su peso es de 1 a 2.5 gramos (Alvarado, 2018).

La respiración de la lombriz se lleva a cabo a través de su piel (Sanchez Rocha , 2020), aun cuando esta no se puede ver ni oír, éstos anélidos son altamente fotosensibles. (Escosteguy, 2018).

La lombriz californiana es hermafrodita y alcanza su madurez sexual entre las 10 y las 12 semanas, a partir de este momento se cruzan para el intercambio de secreciones por medio del clitelo, luego de este periodo cada individuo por sí solo empieza a expulsar o liberar cápsulas, esto es gracias a las condiciones climáticas y la calidad del alimento que consuman las lombrices; de cada cápsula pueden nacer entre 3 y 12 individuos.

El color de la lombriz roja californiana varía desde tonos pálidos, rosados, negros, marrones hasta rojos intensos, pero éstas pueden ser detritívoras que son aquellas que comen sobre estiércol animal en los horizontes superficiales del suelo rico en materia orgánica, de tal manera que poseen pigmentos rojos y las geofagas, las que comen grandes cantidades de suelo o tierra con materia orgánica, generalmente de colores pálidos (Ramnarain et al., 2018)

3.2.3 Reproducción

La reproducción y el apareamiento se da por medio del aparato genital de cada lombriz (masculino y femenino) de manera recíproca, es decir, que reciben el esperma del otro y lo almacenan hasta que ocurra o se presenta la fecundación y para los anélidos poliquetos (gusanos segmentados) éste órgano determina efectivamente su madurez, en la lombriz roja californiana aparece alrededor de los 0,25 gramos de peso y 2,5 a 3 Cm de longitud, el clitelo es una estructura ligeramente abultada que se localiza en el primer tercio de la longitud total

del cuerpo. Al momento del apareamiento produce una secreción intensa que forma un anillo viscoso entorno a ellas y que les permite mantenerse unidas mientras se intercambian el esperma producido mediante la cópula (Sánchez Rocha , 2020)

3.2.4 Ciclo de vida

En cuanto al ciclo de vida de la lombriz roja californiana establecen cuatro edades ecológicas, y son: cocones, juveniles, subadultos y adultos. Se dice que al nacer son de color blanco, pasado 5-6 días su color cambia a rosado y a los 10 días siguientes su color se intensifica a rojo oscuro o marrón. Su madurez sexual es alcanzada a los 3 meses y considerada adulta a los 6-7 meses.

3.3 Sustratos en Lombricultura

3.3.1 Que es un Sustrato

Un sustrato hace referencia a material sólido que puede presentarse de manera natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico (Sembralia, 2021).

La mayoría de materiales orgánicos pueden ser utilizados como sustratos en la lombricultura para la crianza de lombrices como lo es la *Eisenia foetida* (Romero, 2018). Los residuos orgánicos generan proteína, parte importante de la alimentación animal, o sea, tiene efectos beneficiosos (Gutiérrez et al., 2020)

3.3.2 Importancia del Sustrato

El uso constante de sustratos y disposición de materias orgánicas como alimento en la lombricultura ayuda con la bioestabilización de residuos agroindustriales y a mitigar los daños que puede llegar a provocar, ya que cuando se gestionan de forma inadecuada conlleva a problemas ambientales y sociales (Farias, 2016).

3.3.3 Influencia del Sustrato en la Lombricultura

Los sustratos actúan de diferentes maneras tanto en el crecimiento y reproducción de las lombrices como en la biomasa microbiana (Da Silva, 2019).

3.3.4 Clasificación de los Sustratos

3.3.4.1 De origen animal.

3.3.4.1.1 Estiércol bovino. Según la FAO, unos de los diferentes usos que se le pueden dar al estiércol de los bovinos incluyen su utilización como fertilizante, alimento y como sustrato para producción de energía, la producción de proteínas unicelulares, la producción de larvas de insectos y la multiplicación de lombrices. En Colombia, en la mayoría de las ganaderías el manejo se hace de manera extensiva. El investigador en nutrición de suelos, Rodas Peláez (2022), explica que los sistemas de confinamiento o semi estabulación tienen un objetivo principal que es la producción de leche o carne. Pero para él, el objetivo principal de producir leche y carne en confinamiento está en el estiércol.

3.3.4.1.2 Estiércol equino. Actualmente, muchos de los caballos que se usan sobre todo en agricultura están en establos y generan una gran cantidad de estiércol, se calcula que pueden producir hasta 8 toneladas por año cada animal (Castro-Molano et al., 2019). Este estiércol es muy interesante como fuente de materia orgánica para la agricultura y en especial para el compostaje y el vermicompostaje

A diferencia de otros animales como vacas u ovejas, no son rumiantes, por lo que su estiércol es ligeramente diferente por su alto contenido de fibra (Vianey, 2017).

3.3.4.1.3 Estiércol porcino. El estiércol porcino, de consistencia líquida, es la mezcla de heces, orina, agua de la limpieza de los corrales, más el alimento y agua que se desperdicia; tiene valor agronómico, ya que se puede usar como abono orgánico, para la producción de cultivos sin impactos ambientales significativos si no es manejado adecuadamente, puede impactar negativamente al medio ambiente, perjudicando, el medio hídrico, atmosférico y se

estima que un cerdo de tamaño medio de 110 libras (50 kg) producirá 1600 libras (720 kg) de estiércol en un año (WikiFarmer, 2017), según el ministerio de medio ambiente de Colombia para que haya sostenibilidad Ambiental, se debe de crear el marco regulatorio para el uso y aprovechamiento de la porcina en planes de fertilización. El objetivo es la producción con sostenibilidad ambiental.

Tabla 2

Composición química de algunos estiércoles

Composición (%)	Vaca	Oveja	Gallinaza	Caballo	Cerdo (Purín)
Materia Seca	23	25	22	25	5,2
Materia Orgánica	66,28	64,08	64,71	65,84	68,27
Nitrógeno (N)	1,84	2,54	1,74	1,52	4,28
Fósforo (P)	1,73	1,19	4,18	2,14	5,96
Potasio (K)	3,1	2,83	3,79	2,98	5,17
Calcio (Ca)	3,74	7,76	8,9	2,79	4,04
Magnesio (Mgo)	1,08	1,5	1 2,90	0,97	0,96

Nota. Esta tabla muestra la composición química y los nutrientes que aportan algunos estiércoles, tomado de (SEAE, 2022).

3.3.4.1.4 Contenido ruminal. La ruminaza hace parte de la alimentación digerida que se obtiene directamente del rumen y contiene gran cantidad de nutrientes que pueden ser aprovechados por las plantas y la materia orgánica, éste tiene beneficios de sustentabilidad agrícola (Lemma & Abera, 2020). En general existen técnicas como la incineración y el compostaje para disponer de estos residuos (Costa, 2022), el manejo del contenido ruminal junto a la acción de las lombrices mejor las propiedades del suelo y sus microorganismos (Bohórquez-Sandoval et al., 2020). Según Santos (2021) una proporción del 75% de contenido ruminal junto a un 25% de bagazo de caña aumenta las condiciones y por ende la multiplicación de las lombrices; por otro lado, usar la ruminaza en su totalidad aumenta la producción de

humus y disminuye si se le adiciona bagazo. La composición de éste sustrato corresponde a carbohidratos (52%), lignina (20%), compuestos nitrogenados (12%), lípidos (3,5%), ácidos orgánicos (2,5%) y otros componentes (10%) (Bohórquez-Sandoval et al., 2020).

3.3.4.2 De origen vegetal. La práctica de recuperar nutrientes a través del uso de desechos de cocina, agrícolas y municipales ayudan a la disminución de la degradación ambiental, de esta manera las lombrices descomponen y transforman estos desechos en vermicompostaje, éste se compone de micro y macro nutrientes ricos para el suelo (Yatoo et al., 2020), que ayudan a mejorar la salud y fertilidad de las plantas, aumentando y mejorando el contenido nutricional para su posterior utilización en la agricultura sostenible (Dohaish, 2020).

3.4 Compostadores

3.4.1 Dimensión del Compostador

De modo general el compostador debe tener de ancho de 1 a 1.5 metros y una altura máxima de 60 cm, ya que esto puede conllevar a problemas de sobrecalentamiento del compostador y el largo si es adaptable de acuerdo a las necesidades del productor. Los bordes nos permiten la conservación de la humedad del compostador y de igual manera evita el desmoronamiento de alimento por los costados.

3.4.2 Materiales

El compostador puede estar diseñado con materiales como ladrillos, palos rústicos, entre otros y ubicados en lugares con disponibilidad de sombra, debe contar con fácil acceso para el manejo y mantenimiento, por otro lado pueden usarse diferentes sustratos como son estiércol de animales, aunque no es muy recomendable usar la gallinaza, el estiércol de conejo o el estiércol de cerdo principalmente, sin una previa maduración, a pesar de que todos deben contar con un tiempo prudente de maduración, se debe tener cuidado especialmente con estos ya que poseen altas cantidades de amoníaco o nitrógeno, lo que puede causar la poca

supervivencia de estos anélidos; también podemos usar desechos de verduras y frutas, desechos industriales como el papel, el cartón, ya que estos contienen celulosa y contribuyen a la disminución de cargas nitrogenadas.

3.4.3 Tipos de Compost

3.4.3.1 Compost común. Dentro de este tipo de compost encontramos el que se maneja en montón, en superficie, en cajas y el industrial.

3.4.3.2 vermicompost o humus de lombriz. El vermicompost se obtiene de manera fácil y sencilla mediante un proceso de descomposición (Khatua et al., 2018), en estos procesos se lleva a cabo un aumento de la mineralización y la disposición de nutrientes para las plantas, además humedecen la capa orgánica del suelo, disminuye la contaminación por bacterias o malezas y así mismo mejora las propiedades de los fertilizantes como son las físicas, químicas y biológicas (Pazzini Eckhardt, y otros, 2021)

3.4.3.3 Bokashi o compost japonés. “materia orgánica fermentada”, este tipo de compost presenta ventajas como la velocidad de preparación, además evita la atracción de insectos y por el contrario los ahuyenta; también fortalece los microorganismos del suelo y no produce olores (Acosta, 2019).

3.4.3.4 Fabricación del lombricompost y como la lombriz lo convierte. El alimento es tomado por la lombriz y succionado en la faringe por acción de las fajas musculares, luego de esto es humedecido por células glandulares; tres pares de glándulas calcíferas neutralizan el pH del alimento en cuanto pasa por el esófago. Después de almacenado en el buche, el alimento es triturado en la molleja, que lo transforma en una masa semilíquida, antes de desembocar en el intestino, para someterse a digestión, bajo fuerte acción enzimática, y absorción; finalmente es transformada en compost y expulsada por el ano. Guimarães (2020)

3.4.3.5 Nutrientes del lombricompost. El estiércol compostado es una alternativa al reciclaje de nutrientes, y puede mejorar o mantener la fertilidad del suelo sustituyendo a la fertilización convencional (Ortiz et al., 2019).

Tabla 3

Composición química del humus de lombriz

Composición del humus de lombriz	
Humedad	30-60%
Ph	6.8-7.2
Nitrógeno	1-2.6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácidos fúlvicos	14-30%
Ácidos húmicos	2.8-5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	6%
Relación C/N	10-11%

Nota. Ésta tabla muestra la composición química del humus de lombriz, tomado de (Infoagro, 2017).

3.4.3.6 ventajas del lombricompost

- Contiene alta cantidad de materia orgánica
- Tiende a presentar pH neutro
- Aporta una cantidad considerable de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos

- Presenta una alta concentración de flora bacteriana por gramo de producto
(Antón, 2021)

Usos. El lombricompost es utilizado principalmente en horticultura, viverismo y jardinería, en el que es recomendable la aplicación cerca a la raíz o en lo posible en contacto directo (Lim et al., 2015).

3.5 Factores Medioambientales

3.5.1 Ph

Lo recomendable es mantener el ph entre 6.5 y 7.5, estos resultados se pueden obtener mediante un ph-metro o tiras de papel tornasol, éste último cambia de color dependiendo el grado en el que se encuentre (acido-básico)

3.5.2 Humedad

Éste es uno de los factores medioambientales más importantes para este proceso, ya que debe contener una humedad entre 70 y 80 %, dado que puede desencadenar consecuencias negativas tanto en la producción de humus como en la reproducción de la lombriz, una humedad menor puede dificultar el consumo normal de las lombrices ya que estas no poseen dientes, mientras que una humedad mayor puede provocar compactación de los lechos y esto disminuye la aireación.

3.5.3 Temperatura

Del mismo modo es un factor muy influyente e importante para la producción de lombriz, por lo general, la Eisenia Foetida posee una temperatura corporal de 19°C, por lo tanto, una temperatura ideal sería de 15-24°C, sin embargo, resisten a temperaturas sobre 30°C pero como consecuencia obtenemos un menor rendimiento y por ende una menor producción.

3.5.4 Iluminación

Teniendo en cuenta que la lombriz presenta alta sensibilidad frente a los rayos ultravioletas y esto les provoca la muerte, es necesario mantener la producción bajo lugares sombríos o cubiertos.

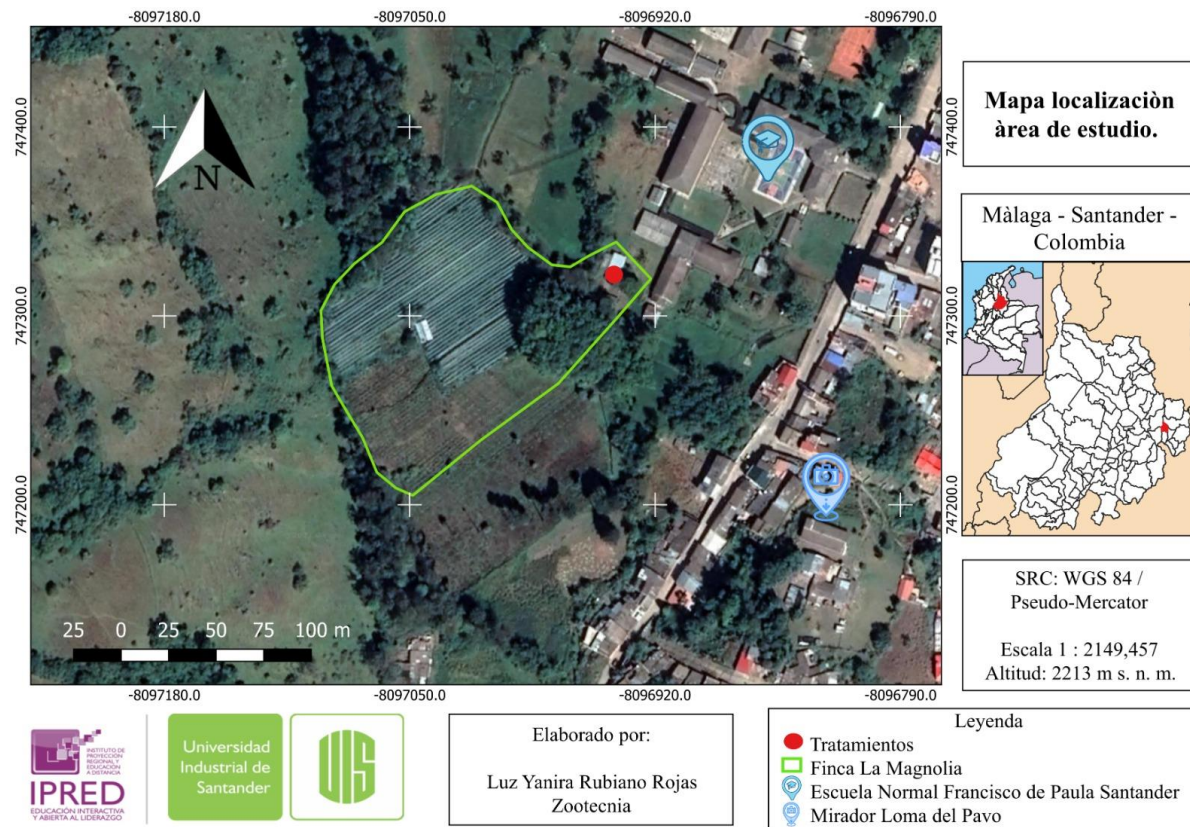
3.5.5 Aireación

Éste factor es de requerimiento para su vital funcionamiento, por lo cual es importante y necesario el volteo o remover el lecho con una frecuencia de por lo menos semanalmente; por otro lado. evitar mucha humedad y por lo tanto su compactación.

4. Metodología

4.1 Ubicación.

El estudio se desarrolló en la Finca La Magnolia, ubicada en el municipio de Málaga, de la provincia de García Rovira, en el departamento de Santander; la unidad productiva cuenta con área total de 6 hectáreas, posee un enfoque agropecuario relacionado con cría de ganado, especies menores y cultivos varios, está ubicada a 3295 msnm y posee una temperatura promedio de 19°C; para el desarrollo de la investigación se utilizó un espacio de 6 metros cuadrados.

Figura 1*Ubicación del estudio*

Nota. Finca la magnolia, municipio de Málaga, centro del estudio de investigación. Imagen referenciada y adaptada (Google Maps, 2023).

4.2 Establecimiento del Cultivo de Lombriz Roja Californiana

Alistamiento del terreno: se estableció una superficie a base de madera de la misma finca, con un desnivel del 20% y espacios para facilitar el drenaje con el fin de evitar exceso de humedad y permitir la recolección del lixiviado; para evitar la fotosensibilización se instaló bajo para evitar los rayos directos del sol.

Compostadoras: se utilizaron 12 canastillas plásticas tipo plana con medidas de altura de 25 cm, ancho de 40 cm, largo de 60 cm y con una resistencia de 40 kg; en cada una de ellas en la base se adecuó una pieza de plástico para evitar el escape de las lombrices y sus lixiviados.

Adición del sustrato: se utilizó en cada canastilla 1 libra de los diferentes sustratos basados en contenido ruminal bovino, estiércol bovino, equino y porcino, teniendo en cuenta los tratamientos y sus réplicas; antes de la siembra de las lombrices cada réplica con sustrato tuvo un periodo de riego de 3 días consecutivos para bajar la cantidad de contaminantes y evitar que las lombrices murieran por intoxicación.

Densidad de siembra: Se llevó a cabo una siembra de 500 lombrices por unidad experimental teniendo en cuenta el riego adecuado para mantener nivelados los factores principales como pH, humedad y temperatura.

Riego: se realizó con ayuda de una regadera manual teniendo en cuenta las condiciones medioambientales.

Recolección de lixiviado: éste fue coleccionado por medio de nivel en botellas plásticas y el mismo fue aplicado como riego para extraer sus principales propiedades.

4.3 Tratamientos Experimentales

Tabla 4

Tratamientos utilizados durante la investigación

Tratamientos	Réplicas de cada tratamiento	Lombrices de siembra	Cantidad de sustrato (Lb)
Tratamiento 1	R1	500	1
(Contenido	R2	500	1
ruminal)	R3	500	1
Tratamiento 2	R1	500	1
(Estiércol	R2	500	1
equino)	R3	500	1
Tratamiento 3	R1	500	1
(Estiércol	R2	500	1
bovino)	R3	500	1
Tratamiento 4	R1	500	1
(Estiércol	R2	500	1
porcino)	R3	500	1
Total	12 Réplicas	6000	12

Nota: relación de cada uno de los tratamientos que se emplearon durante la investigación, el número de réplicas usadas, el volumen de siembra y la cantidad de sustrato para cada réplica.

4.4 Variables que se midieron

- Densidad poblacional (número de lombrices y número de huevos)
- Peso
- Longitud

- Composición química del lombricompost

4.4.1 Medición de Variables

4.4.1.1 Densidad poblacional. Teniendo en cuenta el tiempo adecuado para la eclosión de los huevos (17-21 días), se buscó identificar la reproducción de las lombrices en cada sustrato utilizado, a partir de la primera semana, desde el momento que fueron instaladas o sembradas las lombrices, se realizaron muestreos semanalmente con submuestras de 100 gr de sustrato de cada réplica o unidad experimental, se hizo el conteo de lombrices halladas en esa submuestra y se tomó registro de los huevos encontrados durante el proceso.

4.4.1.2 Morfología. Al realizarse cada muestreo de las unidades experimentales, la medición de la morfología de las lombrices como son forma, longitud y color se hizo por medio de la observación y la medición con ayuda de elementos como fue un metro, esta medición se llevó a cabo en 10 lombrices de cada réplica y se realizó un promedio el cual determinaba una longitud aproximada de cada lombriz.

4.4.1.3 Peso. Las mismas 10 lombrices que fueron medidas y evaluadas por medio de la observación durante cada muestreo, fueron las mismas que se les tomó el respectivo peso con ayuda de un recipiente y la balanza digital, seguido se anotaron los gramos arrojados, al igual que las demás variables se tomarán registros de cada muestreo para al final determinar un promedio de peso en cada lombriz.

4.4.1.4 Composición química del lombricompost. Se realizó por medio del análisis bromatológico en laboratorio.

4.5 Diseño Experimental y análisis estadístico

El experimento se realizó mediante un diseño de bloques al azar, con 4 tipos diferentes de sustratos (contenido ruminal, estiércol bovino, estiércol equino y estiércol porcino), con tres repeticiones o réplicas por tratamiento para un total de 12 unidades.

se realizó un análisis de varianza mediante la estadística tipo ANOVA, esto para determinar la significancia de las variables y tratamientos, teniendo en cuenta el nivel de significancia $P \leq 0,05$ o $P \geq 0,05$.

4.6 Análisis de Laboratorio

Se llevó a cabo un análisis final al lombricompost en el laboratorio de reconversión ganadera de la Universidad Industrial de Santander donde se pudo evaluar carbono, nitrógeno, relación Carbono/Nitrógeno, pH, conductividad eléctrica, materia seca y materia orgánica.

Se realizó una estadística descriptiva para el análisis de caracterización de la composición del lombricompost, para el caso de materia seca se llevó a cabo por el método de deshidratación y cuantificación gravimétrica, la materia seca se realizó el análisis por calcinación y cuantificación gravimétrica, el PH se analizó por el método de PH con H₂O, la conductividad eléctrica fue analizada por el método de medición en suspensión suelo/agua con relación 1:1 (peso/volumen), para el carbono y nitrógeno se utilizó el método de oxidación completa y cuantificación en analizador elemental y por último se analizó la relación C/N por el método de cálculo.

5. Resultados y discusión

En esta investigación se planteó en principio la evaluación de tratamientos en base a sustratos como fueron el contenido ruminal (T1), estiércol equino (T2), estiércol bovino (T3)

y estiércol porcino (T4); para de esta manera conocer su influencia en el desarrollo de la lombriz y la composición química del humus resultante. Este proceso se logró teniendo en cuenta los objetivos planteados y la ejecución de la investigación como tal, sus variables y finalmente los resultados obtenidos que se muestran a continuación.

Evaluar cuatro diferentes sustratos para determinar el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y la calidad del lombricompost.

Durante la recolección de los sustratos, se tuvo en cuenta que cada uno de éstos fueran de un mismo lugar para evitar cambios o alteraciones durante la investigación, ya sea por la alimentación suministrada a los animales u otros factores.

La recolección del contenido ruminal se llevó a cabo en la planta de beneficio del municipio de Málaga-Santander, el estiércol equino fue recolectado del criadero San Diego del municipio de Málaga-Santander, el estiércol bovino fue recolectado de la misma finca donde se llevó a cabo la investigación, en la finca La Magnolia y por último el estiércol porcino se recolecto en la Porcícola de García Rovira (PORCIGAR S.A.S) del municipio de Málaga-Santander.

Estudiar el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana enfocado a crecimiento, adaptabilidad, reproducción y número de huevos con cada uno de los sustratos utilizados.

Número de lombrices

En la tabla 5 se presenta la información referente al promedio del número de lombrices en cada uno de los tratamientos y sus réplicas; en la tabla 6 el análisis de varianza ANOVA y en la figura 2 se muestra el promedio total de lombrices por tratamiento.

Tabla 5

Promedio del número de lombrices en cada uno de los tratamientos evaluados

NUMERO DE LOMBRICES		R1	R2	R3
Contenido ruminal	T1	15,7	18,3	21
Equino	T2	24,1	24,9	27,4
Bovino	T3	32,4	35,6	35,3
Porcino	T4	23,1	14,2	17,7

Nota. Esta tabla muestra los promedios del número de lombrices resultantes durante la investigación.

El número de lombrices puede variar significativamente entre los diferentes sustratos utilizados durante la investigación. De acuerdo a la probabilidad en los resultados del ANOVA (Tabla 6) no presenta diferencia significativa entre grupos en la variable mencionada.

Tabla 6

Análisis de varianza del número de lombrices

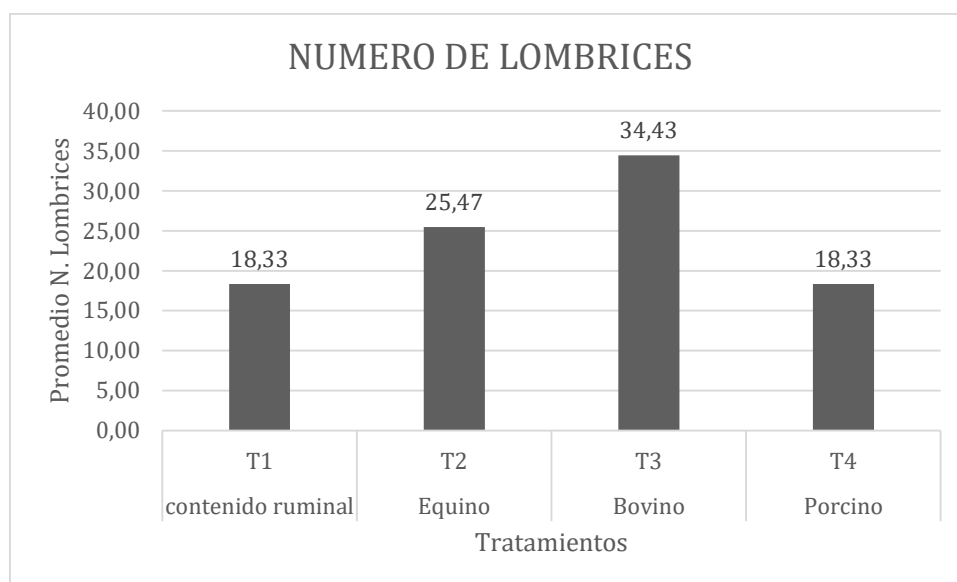
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9,42	2	4,71	0,072	0,93	4,25
Dentro de los grupos	582,44	9	64,71			
Total	591,86	11				

Nota: Nivel de significancia ($P \leq 0,05$), para la variable número de lombrices rojas californianas.

Sin embargo, en la gráfica de barras (Figura 2) indica que el estiércol bovino (T3), fue el que presentó mayor población en comparación con los otros sustratos, con un valor promedio de 34.43 lombrices por replica; por otro lado, observamos que el T1 y T4 presentaron un promedio de 18.33 y el T2 presenta un promedio de 25.46.

Figura 2

Número de lombrices por tratamiento



Nota. Se muestra un promedio total del número de lombrices contenidas en cada tratamiento

Esto se constata con un estudio realizado por (Gutiérrez , Juárez A, Mondragón, & Rojas , 2007) donde se evaluó la dinámica poblacional de la lombriz *Eisenia foetida*, alimentada con estiércol fresco y compostado de bovinos, alimentados a base de (rastrajo molido y bloques multinutricionales) y de ovinos, alimentados con (silo de maíz y concentrado), obteniendo como resultado que en el estiércol compostado de bovino fue en donde se presentó mayor número de huevos (201.75 ± 94.46), lombrices jóvenes (3.25 ± 2.50) y la viabilidad de lombrices adultos (45.25 ± 15.19). Los resultados indicaron que los estiércoles compostados son los mejores en cuanto a la dinámica poblacional de las lombrices, en comparación con los estiércoles frescos.

En otro estudio (Ccasani & Enriquez, 2012) evaluaron estiércol compostado y estiércol fresco de bovino y ovino, en cuanto a la condición del estiércol bovino, la mayor densidad de lombrices fue en el tratamiento del estiércol compostado.

Número de huevos

En la tabla 7 se presenta el promedio del número de huevos en cada tratamiento junto a sus réplicas, en la tabla 8 se muestra el análisis de varianza ANOVA y en la figura 3 se muestra el promedio total de huevos por tratamiento.

Tabla 7

Promedio del número de huevos en cada uno de los tratamientos

NUMERO DE HUEVOS		R1	R2	R3
Contenido ruminal	T1	0,1	1,1	0,4
Equino	T2	23,8	24,6	30,9
Bovino	T3	7,1	7,7	5,8
Porcino	T4	0,0	0,2	0,7

Nota. Esta tabla muestra el promedio por replica en cuanto al número de huevos por cada tratamiento

En cuanto a la cantidad de huevos de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), el valor de significancia en base al análisis de varianza (ANOVA), podemos observar que se obtuvo una probabilidad alta con un valor de 0.98, lo que nos indica que no existe diferencia significativa entre grupos de acuerdo a $P \leq 0,05$. (Tabla 8)

Tabla 8*Análisis de varianza del número de huevos*

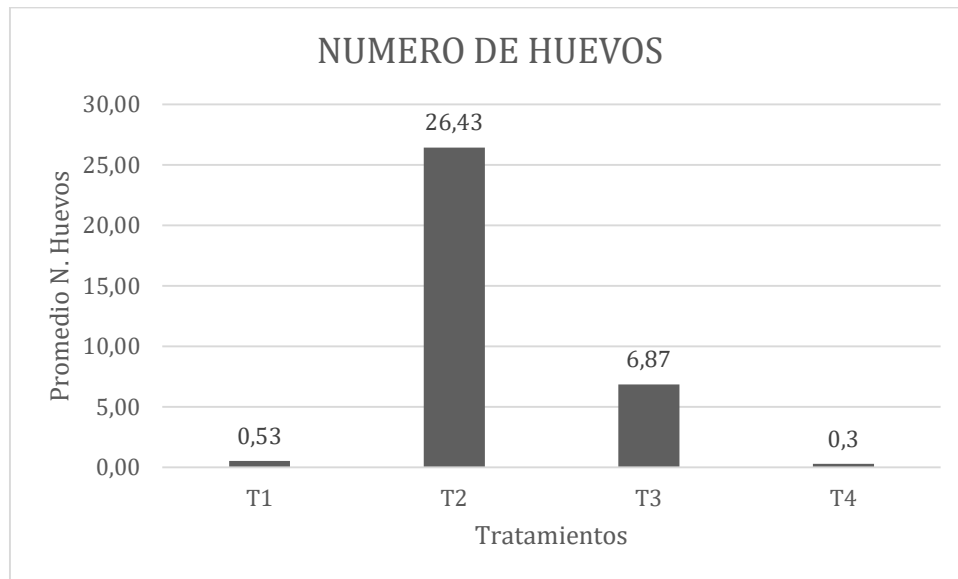
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	5,88	2	2,94	0,019	0,98	4,25
Dentro de los grupos	1391,96	9	154,7			
Total	1397,84	11				

Nota. Nivel de significancia ($P \leq 0,05$), para la variable número de huevos obtenidos durante el estudio.

En la gráfica (figura 3) se observa de manera evidente, que el T2 (Estiércol equino), fue en el que hubo mayor reproducción y número de huevos, con un promedio de 26,43 %; mientras que el T1, presento un promedio de 0.53, el T3 con un valor de 6.9 y el T4 un promedio de 0.3 respectivamente.

Figura 3

Número de huevos por tratamiento



Nota. Se muestra un promedio total en cuanto al número de huevos contenidos en cada tratamiento.

Este resultado se asemeja a un estudio realizado por Bustamante (2005) en el cual mediante el experimento desarrollado utilizaban estiércol de caballo, éste supero la producción de cocones (número de huevos). Al igual que el estudio que realizo Morales (2010), en el que obtuvo como resultado que el tratamiento 2 (estiércol de caballo), supero la producción de cocones en comparación a los demás tratamientos evaluados.

Longitud y peso de las lombrices

En la tabla 9 se presenta el promedio de la longitud (cm) en cada tratamiento junto a sus réplicas, en la tabla 10 se muestra el análisis de varianza ANOVA y en la figura 4 se muestra el promedio de la longitud de las lombrices en cada replica por tratamiento.

Tabla 9

Longitud de las lombrices en cada uno de los tratamientos y sus réplicas.

LONGITUD		R1	R2	R3
Contenido ruminal	T1	6,7	6,4	6,5
Equino	T2	6,2	6,2	6,2
Bovino	T3	6	5,9	6,2
Porcino	T4	6,2	6	6,3

Nota. Promedio por réplicas de la longitud de las lombrices en cada uno de los tratamientos

De acuerdo a la variable longitud, al igual que las variables evaluadas anteriormente, contiene una probabilidad de 0.53, lo que indica un valor mayor a $P \leq 0,05$ (Tabla 10). De esta manera se deduce que no hay diferencia significativa entre los grupos.

Tabla 10

Análisis de varianza de la longitud de las lombrices

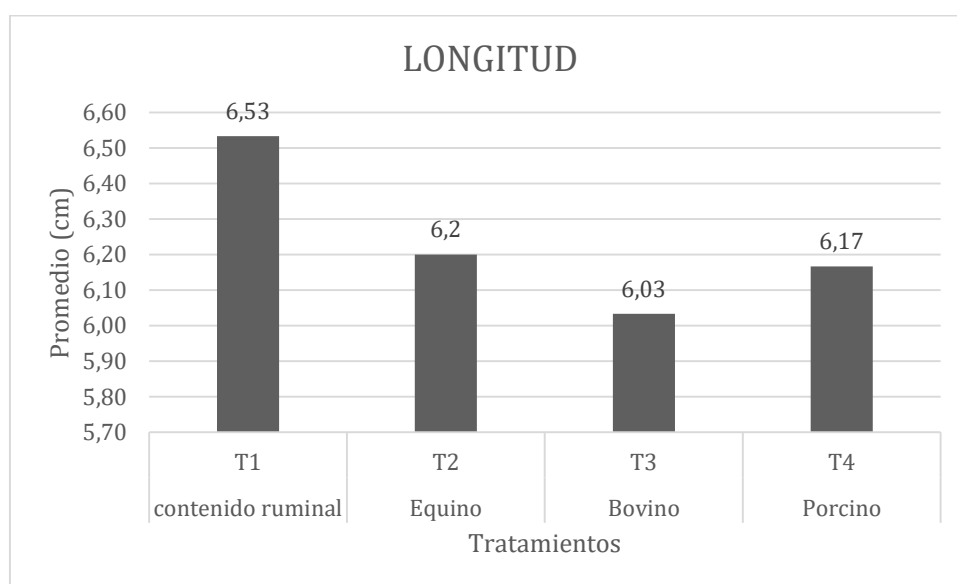
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,071	2	0,035	0,67	0,53	4,25
Dentro de los grupos	0,475	9	0,052			
Total	0,54	11				

Nota. Nivel de significancia ($P \leq 0,05$), para la variable longitud de las lombrices rojas californianas.

Lo contrario a la gráfica (Figura 4), en la cual podemos deducir que, si existe un dato relevante en base a la longitud en la que el T1 sobresale en cuanto a esta variable, con un promedio total de 6.53 cm, mientras que los otros tratamientos (T2, T3 Y T4) poseen un promedio de 6.13 respectivamente.

Figura 4

Promedio total en cada uno de los tratamientos



Nota. Se puede evidenciar el promedio general con cada tratamiento evaluado

En la tabla 11 se presenta el promedio del peso (gr) en cada tratamiento junto a sus réplicas, en la tabla 12 se muestra el análisis de varianza ANOVA y en la figura 5 se muestra el promedio del peso en cada replica por tratamiento.

Tabla 11

Peso de las lombrices en cada tratamiento y sus réplicas.

PESO		R1	R2	R3
contenido ruminal	T1	0,8	0,8	0,8
Equino	T2	0,7	0,7	0,8
Bovino	T3	0,7	0,7	0,8
Porcino	T4	0,7	0,7	0,7

Nota. Se muestra el promedio de peso de las lombrices en las réplicas por cada tratamiento

En base a los análisis de la variable peso, se pudo evidenciar que en el análisis de varianza ANOVA (Tabla 12), posee una probabilidad alta mayor a $P \leq 0,05$, con un valor de 0.311 lo que indica que no presenta diferencia significativa entre los grupos.

Tabla 12

Análisis de varianza de la variable peso

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0066	2	0,0033	1,33	0,311	4,25
Dentro de los grupos	0,0225	9	0,0025			
Total	0,029	11				

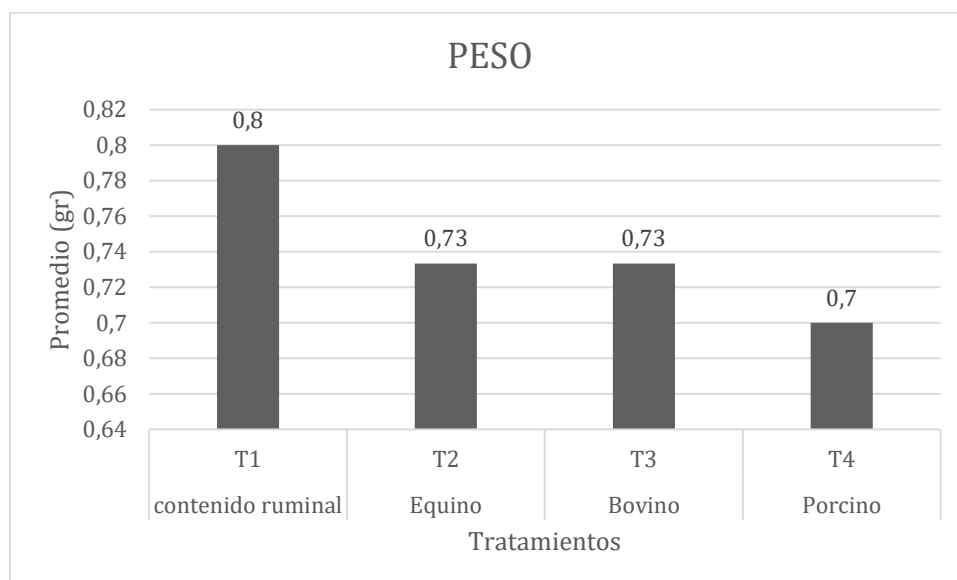
Nota. Nivel de significancia ($P \leq 0,05$), para la variable peso de las lombrices rojas californianas.

Respecto a la gráfica (Figura 5), se puede observar que quien obtuvo mayor desarrollo corporal y mejor rendimiento en cuanto a peso fue el T1 (Contenido ruminal), con un promedio

total 0.8 gr/lombriz. Mientras que, el T2, T3 y T4 contienen un promedio total de 0.7 gr/lombriz.

Figura 5

Peso (gr) de las lombrices rojas californianas por tratamiento



Nota. Promedio del peso total en gramos de los tratamientos evaluados

De acuerdo al desarrollo corporal de las lombrices en cuanto a las variables longitud y peso, se puede comparar con el desarrollado por Garcia (2017), en el cual al evaluaron tres fases; inicialmente en la Fase I y Fase II, determinaron la adaptación, crecimiento y reproducción y posteriormente la producción de vermicomposta y ácido húmico, respectivamente. Los menores valores de adaptación y sobrevivencia de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la Fase I ($P < 0.05$), se encontraron en T-0(100% de contenido ruminal) y T-1, registrando también menor crecimiento y una mayor reproducción comparado con T-2, lo cual confirma que el menor peso de la lombriz (crecimiento) tiene como resultado una mayor tasa de reproducción expresada como el número de cocones producidos. En la Fase II, la producción de vermicomposta y ácido húmico no fueron diferentes entre tratamientos ($P > 0.05$). Los resultados permitieron afirmar que era posible realizar la crianza de lombriz roja

californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de vermicomposta y ácido húmico utilizando contenido ruminal y otros subproductos agrícolas regionales como sustrato.

Al compararla con el estudio desarrollado ocurrió lo contrario a lo mencionado en cuanto a crecimiento de las lombrices ya que en este estudio las lombrices sí crecieron, pero su reproducción fue casi nula; mientras que, en el estudio antes mencionado indica que el crecimiento de la lombriz fue lento pero la reproducción fue mayor. Se concluye que el contenido ruminal resulta óptimo para la crianza de *Eisenia foetida*.

Analizar la calidad de lombricompost identificando la composición química en cuanto a carbono (C), nitrógeno (N), fósforo, relación Carbono / Nitrógeno, pH, materia orgánica y materia seca a partir de los diferentes sustratos.

Carbono

En cuanto a la cantidad de carbono, en la tabla 13 se evidencia los resultados obtenidos del análisis de oxidación completa y cuantificación en analizador elemental.

Tabla 13

Niveles de carbono en cada tratamiento y sus réplicas

CARBONO	T1	T2	T3	T4
R1	36,37	37,28	27,35	28,83
R2	32,2	40,26	36,38	25,2
R3	32,87	40,43	38,93	26,22

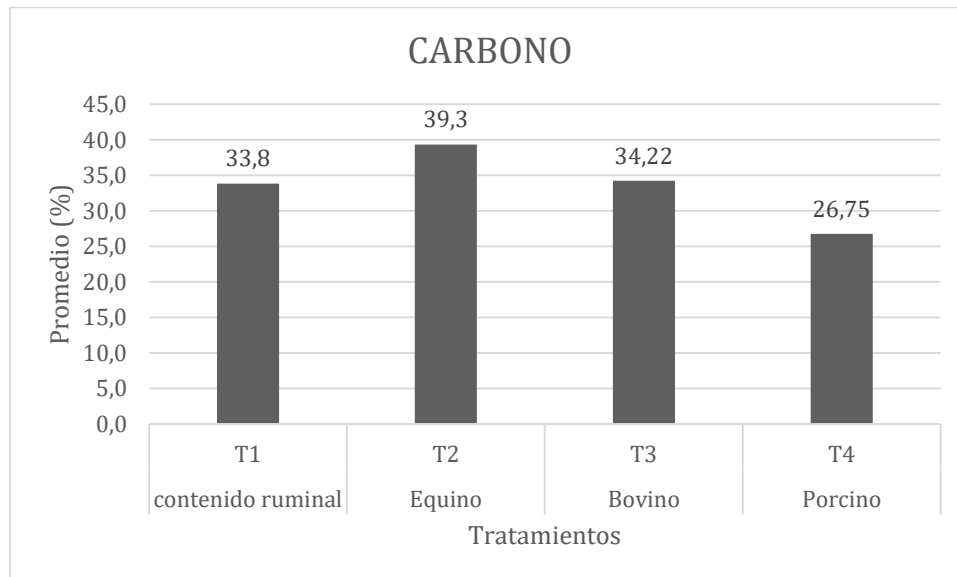
Nota. Promedio del carbono encontrado en el lombricompost analizado por método de oxidación completa y cuantificación en analizador elemental.

Los resultados obtenidos anteriormente (Tabla 13) concuerdan con los datos de la Figura 6, en el que demuestra que el tratamiento con más contenido de carbono fue el T2 (Estiércol equino) con un promedio de 39.3%, mientras que los otros tratamientos (T1, T3 y

T4), obtuvieron valores de porcentaje menor al mencionado; como sabemos, el carbono es uno de los elementos de gran importancia en el suelo como aporte para las plantas, por esta razón podemos decir que el estiércol de caballo es apto para el uso en la lombricultura.

Figura 6

Carbono presente en el compost final



Nota. Gráfica de promedios de cantidad de carbono presente en las réplicas del lombricompost analizado

Esto se puede constatar con un estudio realizado por Arévalo (2017), el cual realizó la determinación de las cantidades de carbono y nitrógeno presentes en lombricompost producido a partir de dos diferentes sustratos (material vegetal y estiércol de caballo), obteniendo como resultado luego del análisis de laboratorio, que el lombricompost elaborado a partir de estiércol equino, presentaba un contenido de carbono correspondiente al 18,61% y 1,64% de nitrógeno.

Nitrógeno

En la tabla 14 se evidencia los resultados de la cantidad de nitrógeno que también fue analizado por el método de oxidación completa y cuantificación en analizador elemental.

Tabla 14

Niveles de nitrógeno de cada tratamiento y sus réplicas

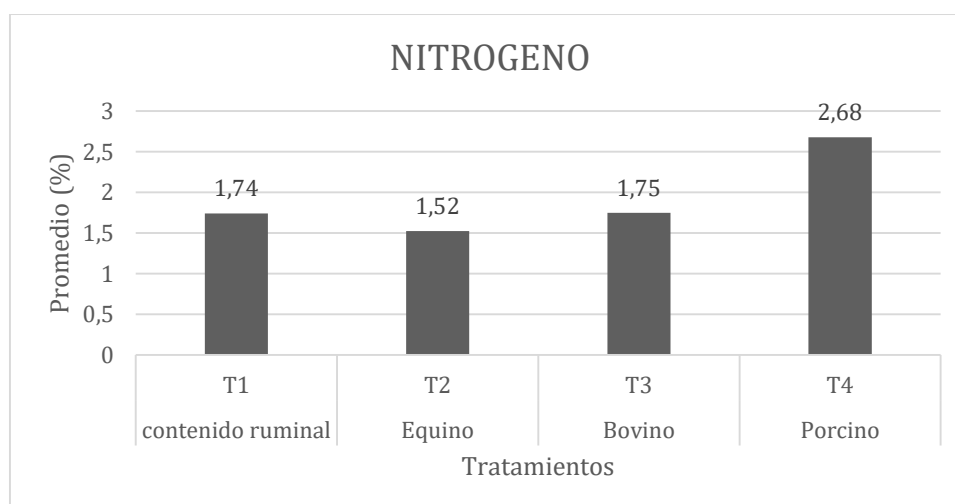
NITROGENO	T1	T2	T3	T4
R1	1,87	1,47	1,34	2,94
R2	1,65	1,49	1,92	2,48
R3	1,7	1,61	1,99	2,61

Nota. Esta tabla muestra el promedio de peso de la *Eisenia foetida* en cada réplica evaluada, respecto a cada tratamiento.

El nitrógeno al igual que el carbón, también cumple un papel de gran importancia para los aportes a las plantas de acuerdo a sus requerimientos, lo que hace que tenga un mayor desarrollo; pero a diferencia que el análisis del carbono, el nitrógeno se encuentra en mayor cantidad en el estiércol porcino (T4) con un valor de 2,68% a diferencia de los demás tratamientos con valores menores de 1.74% (T1), 1.52% (T2) y 1.75% (T3); esto indica que las lombrices no se van a desarrollar adecuadamente y posiblemente pueden hasta morir ya que estas son altamente sensibles a suelos o ambientes muy nitrogenados.

Figura 7

Nitrógeno de lombricompost final



Nota. Promedio total del nitrógeno encontrados en el lombricompost de cada uno de los tratamientos

Relación C/N

Podemos observar la relación carbono/nitrógeno existente en cada tratamiento y sus respectivas replicas, en el que el T2 contiene una relación más alta en comparación a los demás tratamientos evaluados con un valor promedio de 26:1; esto nos indica una relación adecuada en cuanto a los procesos de compostaje y su descomposición microbiana, de cierta manera indica un balance nutricional y en cuanto a olores se ven reducidos evidentemente por su alto contenido de carbono, caso contrario con el T4 que posee una relación muy baja (10:1), lo que indica que los niveles de nitrógeno son elevados y esto puede llegar a producir emisión de gases y olores desagradables.

Tabla 15

Relación carbono/nitrógeno en los diferentes sustratos

RELACION C/N	T1	T2	T3	T4
R1	18:1	25:1	20:1	10:1
R2	19:1	27:1	20:1	10:1
R3	19:1	25:1	20:1	10:1

Nota. En esta tabla se puede observar la relación C/N que existe en cada uno de los tratamientos de acuerdo a los análisis

PH

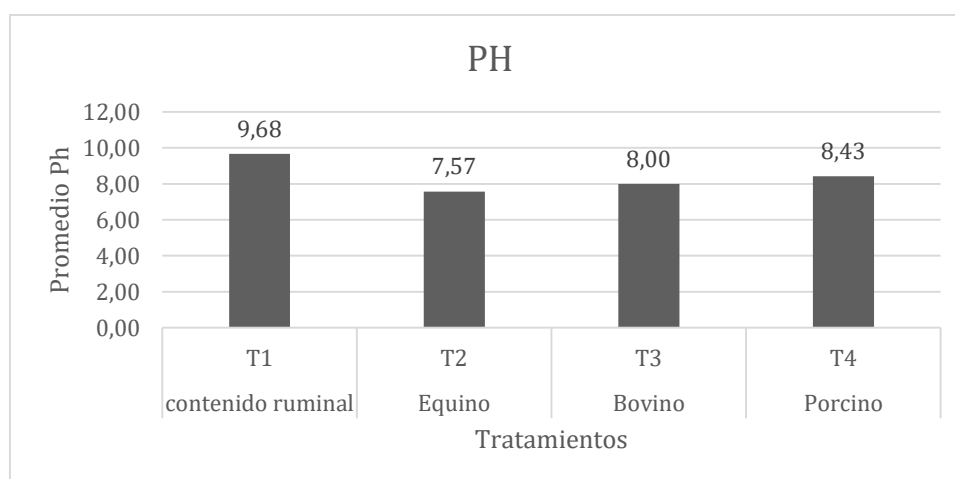
En la tabla 16 se muestran los resultados referentes al pH de las réplicas utilizadas en cada tratamiento evaluado durante la investigación.

Tabla 16*Niveles de pH en los tratamientos evaluados*

PH	T1	T2	T3	T4
R1	9,8	7,49	8,08	8,45
R2	9,6	7,72	7,87	8,38
R3	9,63	7,5	8,04	8,45

Nota. La tabla muestra las unidades de pH resultante de los análisis en cada uno de los tratamientos evaluados y sus réplicas usadas.

En la figura 8 se demuestran los niveles de pH que se obtuvieron a partir de los análisis por el método de pH con H₂O, en el que se evidencia un mayor nivel de unidades de pH en el T1 con un valor promedio de 9.68, esto indica que las lombrices se encontraban en un ambiente altamente alcalino, lo que pudo influir en su baja reproducción. Por otro lado, el T2 es el que se encuentra más cerca de los niveles óptimos de pH para las lombrices rojas californianas con un valor de 7.57 unidades de pH, ya que los niveles adecuados para las lombrices oscilan entre 6.8 y 7.2 unidades de pH.

Figura 8*Promedio total de pH entre tratamientos evaluados*

Nota. Promedio general de las tres replicas por tratamiento evaluado

Materia orgánica

Podemos observar en la tabla 17 que el tratamiento con mayor contenido de materia orgánica es el tratamiento 4, el cual contenía estiércol porcino.

Tabla 17

Materia orgánica por tratamiento

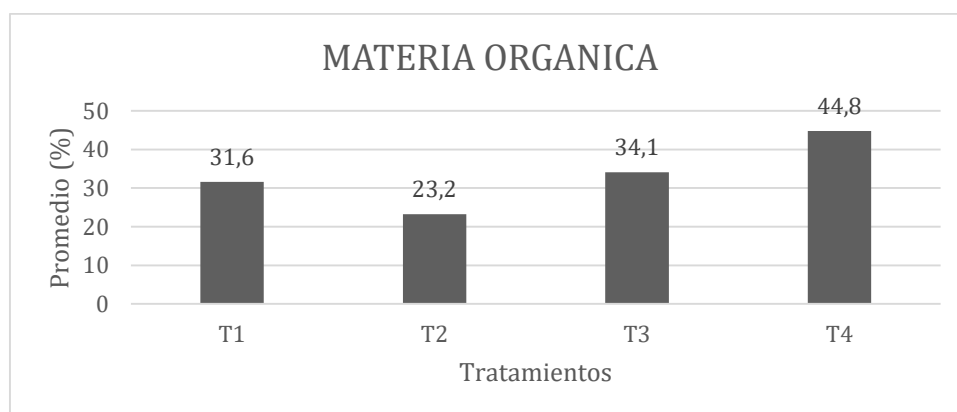
MATERIA ORGANICA	T1	T2	T3	T4
R1	28,32	22,99	33,19	44,32
R2	35,93	21,32	35,63	45,18
R3	30,48	25,47	33,41	44,79
Promedio	31,6	23,2	34,1	44,8

Nota. Materia orgánica presente en cada réplica analizada

De igual manera en la Figura 9, es preciso decir que el tratamiento con mayor contenido de materia orgánica es el tratamiento con estiércol porcino con un promedio total de 44,8 %. De acuerdo a los resultados de carbono y nitrógeno, se deduce que, a mayor materia orgánica, mayor nitrógeno y el carbono disminuye; esto quiere decir que puede contener exceso de urea y amoníaco por los niveles de nitrógeno contenidos en su composición.

Figura 9

Grafica de materia orgánica por cada tratamiento



Nota. Promedio total de la materia orgánica contenida en cada tratamiento analizado

Materia seca

En la tabla 18 podemos observar que el T2 es el más homogéneo entre replicas a diferencia de los demás tratamientos evaluados; sin embargo, el contenido ruminal presenta el promedio más alto entre todos los tratamientos

Tabla 18

Materia seca por réplicas de cada tratamiento

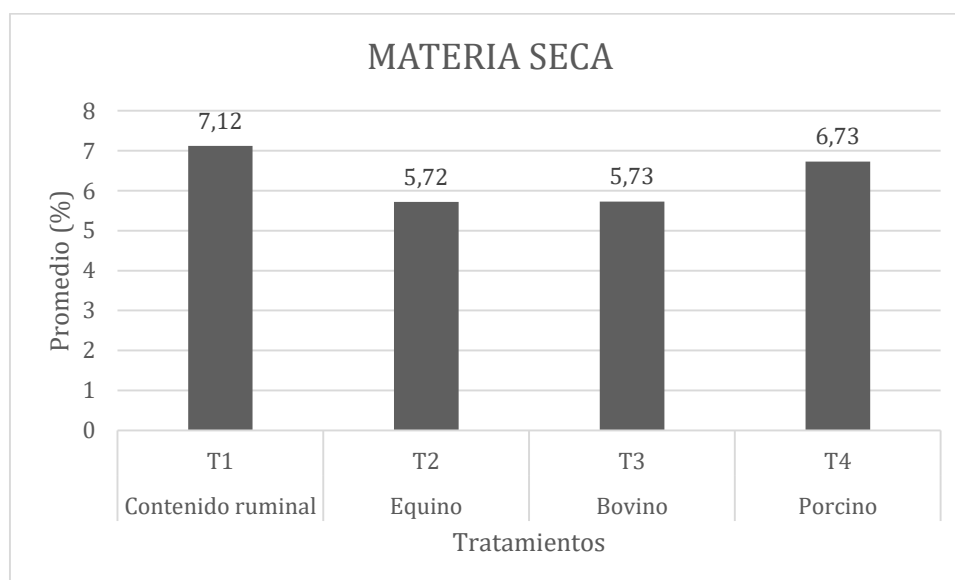
MATERIA SECA	T1	T2	T3	T4
R1	8,55	5,76	6,59	7,13
R2	6	5,98	5,23	6,42
R3	6,81	5,42	5,36	6,64

Nota. Se muestra el promedio por réplica de la materia seca de cada tratamiento

También es evidente en la figura 10 que en el T1 (contenido ruminal) se presenta un mayor porcentaje de materia seca con un valor de 7.12 %.

Figura 10

Grafica de materia seca por tratamiento



Nota. Promedio total de la materia seca por tratamiento analizado

Fósforo

La tabla 19 muestra la cantidad de fósforo presente en cada una de las réplicas por tratamiento evaluado

Tabla 19
Fósforo por réplica de cada tratamiento

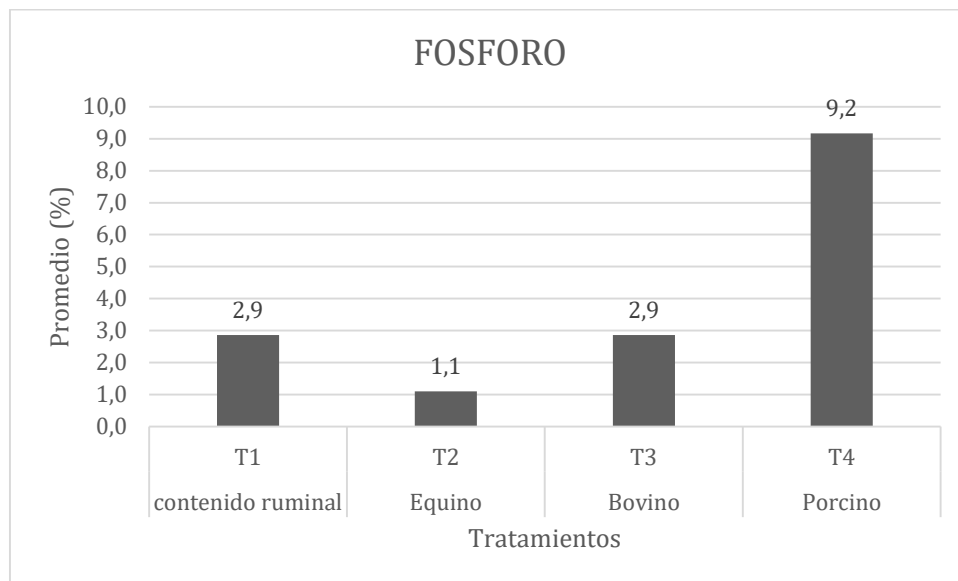
FOSFORO		R1	R2	R3	
Contenido ruminal	T1	2,99	2,69	2,91	2,9
Equino	T2	1,18	1,07	1,04	1,1
Bovino	T3	3,06	2,7	2,82	2,9
Porcino	T4	8,81	9	9,7	9,2

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de fósforo presente en cada una de las réplicas de cada tratamiento evaluado.

El fósforo presente en el lombricompost indica que el abono puede resultar beneficioso para el caso de la fertilización, pero también puede ser perjudicial ambientalmente ya que éste elemento en exceso no es absorbido por las plantas y puede bloquear la acción de otros elementos evitando de igual manera su absorción y esto puede causar deficiencias en el caso de las plantas y contaminación de las fuentes hídricas por su acumulación en el suelo. Como se puede observar en la figura 11, los niveles de fosforo más altos y evidentes en el T4 (E. Porcino) con valor promedio de 9.2% y los más bajos se encuentran en el T2 (E. Equino) con un porcentaje de 1.1%.

Figura 11

Grafica de fósforo por tratamiento



Nota. Esta gráfica muestra el promedio total por réplica de la materia seca de cada tratamiento

Conductividad eléctrica

De acuerdo a los análisis realizados en el LABORATORIO DE RECONVERSIÓN GANADERA de la Universidad Industrial de Santander (UIS)-Sede Málaga, la conductividad eléctrica no fue detectada (ND), como lo podemos evidenciar en los resultados de análisis.

6. Conclusiones

Fue necesario realizar cuatro tratamientos con distintos sustratos los cuales permitieron llegar de manera adecuada al enfoque principal de la investigación, en este sentido el tratamiento T1 (contenido ruminal) presentó mejores condiciones para el desarrollo morfológico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), se puede inferir que esto se dio

gracias a que el sustrato no estaba procesado, el cual puede contener mayor cantidad de nutrientes a diferencia de los demás sustratos que eran a base de estiércol.

Los tratamientos T2 (estiércol equino) y T3 (estiércol bovino), presentaron mayor densidad poblacional en cuanto a capacidad de reproducción (N° de Lombrices y N° de huevos), el Tratamiento T4 (estiércol porcino) presentó menor adaptabilidad debido a sus altos niveles de nitrógeno el cual se comprobó en los análisis químicos realizados y recordando que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es sensible a niveles elevados de dicho elemento, para la condición corporal T1 (contenido ruminal) presentó las mejores condiciones de desarrollo morfológico.

La mejor calidad de lombricompost a partir de la determinación de la composición química de los cuatro sustratos la obtuvo el tratamiento T2 (estiércol equino), gracias a la buena relación de carbono/nitrógeno (26:1), carbono (39,32) y el pH (7,5) más óptimo en comparación con los demás tratamientos, en cuanto a materia orgánica el tratamiento T4 (estiércol porcino) presentó el mayor valor (44,8%) y para nitrógeno un promedio de 2,6 %, para el caso de conductividad eléctrica se realizó el análisis por el método de medición en suspensión suelo agua con relación 1:1 (peso-volumen), el cual no fue detectado para ninguna de las muestras de cada tratamiento.

En conclusión, podemos inferir que el sustrato más apto y apropiado para la crianza de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es el estiércol equino, por su bajo nivel de nitrógeno, lo cual resulta muy beneficioso para esta especie de anélidos y su aporte nutricional. Por otro lado, el estiércol bovino es otra opción muy favorable según los resultados obtenidos.

7. Recomendaciones

Seguir realizando trabajos de investigación en el área enfocados en el uso directo de lombricomposts para evaluar el rendimiento del mismo en el suelo y cultivos.

Se recomienda realizar varios análisis del humus para ser utilizado en sistemas hidropónicos

Realizar trabajos con sistemas hidropónicos, en el que se demuestre la efectividad del humus de lombriz en los cultivos utilizados.

8. Referencias Bibliográficas

- Acosta, M. B. (2019, 25 junio). *Bokashi o Bocashi compost: qué es y cómo hacerlo*. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/bokashi-o-bocashi-compost-que-es-y-como-hacerlo-2102.html>
- Aguirre Otero , N. A., & Leal Lugo, L. J. (18 de Octubre de 2019). *Fundación Universidad de América* . Recuperado el 06 de Abril de 2023, de Facultad de ingenierias, Ingeniería Química: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7712/1/6142415-2019-2-IQ.pdf>
- Alvarado, E. R. (2018). *Dspace*. Obtenido de Despace: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45130>
- Antón, N. A. (2021, August 25). Humus de Lombriz Vermiduro, Abono y Compost de Humus de Lombriz para la Tierra. *Vermiduro.es*. <https://www.vermiduro.es/10-datos-sobre-el-humus-de-lombriz>
- Arevalo, C. (2017). *Determinación de las cantidades de carbono y nitrógeno presentes en lombricompost producido a partir de dos diferentes sustratos (material vegetal y estiércol de caballo)*. Bogota: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ciencias y educacion.
- Bohórquez-Sandoval, L., García-Molano, F., Murillo-Arango, W., Cuervo-Bejarano, J., & Pulido-Soler, N. (2020). Vermicomposting: a transformation alternative for rumen content generated in slaughterhouses. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(2), 9201-9212. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n2.80104>
- Bustamante , D., García, S., & Botero, J. (2016). *Comparacion de tres sustratos en el cultivo de lombriz roja californiana (Red hybrid)*. Medellin, Colombia: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.
- Cardona, A. O. (13 de Febrero de 2019). *Agronegocios*. Obtenido de Ageonegocios: <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-lombricompost-representa-solo-10-del-abono-organico-que-se-genera-en-colombia-2826079>
- Castro, A. (2014). *Evaluación de la producción de lombricompuestos a partir tres sustratos y uso de la lombriz como fuente de alimentopara peces en cautiverio, Chocó - Colombia*. Manizales, Colombia : Universidad de Manizales.

- Castro-Molano, L. del P., Parrales-Ramírez, Y. A., & Escalante-Hernández, H. (2019). Co-digestión anaerobia de estiércoles bovino, porcino y equino como alternativa para mejorar el potencial energético en digestores domésticos. *Revista Ion Investigación Optimización y Nuevos procesos en Ingeniería*, 32(2), 29–39. <https://doi.org/10.18273/revion.v32n2-2019003>
- Chávez, V. M. C., Guadalupe, A. L. G., & Mas, E. V. (2019). Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. *Revista De Investigación En Agroproducción Sustentable*. <https://doi.org/10.25127/aps.20192.490>
- Costa, A. S. V. D. (2022, 19 diciembre). *R.I UFVJM: Emprego de materiais especificados de risco, conteúdo ruminal e resíduos urbanos na produção das plantas de milho*. <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/3090>
- Da Silva, E. F. (2019, August 13). *Reprodução e crescimento de minhocas e biomassa microbiana em substratos*. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4463>
- Dohaish, E. J. (15 de Noviembre de 2020). *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Jeddah, Arabia Saudita*. Obtenido de Vermicomposting of Organic Waste with *Eisenia fetida* Increases the Content of Exchangeable Nutrients in Soil : https://www.researchgate.net/profile/Al-Jawaher-Bin-Dohaish/publication/339137012_Vermicomposting_of_Organic_Waste_with_Eisenia_fetida_Increases_the_Content_of_Exchangeable_Nutrients_in_Soil/links/5e405f3c92851c7f7f2bbc3d/Vermicomposting-of-Organic-Waste-
- Eckhardt, D. P., Santana, N. A., De Souza, E. L., Ferreira, P. H., Antonioli, Z. I., Domínguez, J., & Jacques, R. J. S. (2021). Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. *Ciencia Rural*, 51(9). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200600>
- Escosteguy, P. (2018). *La actividad de las lombrices *Amyntas gracilis*, *Aporrectodea caliginosa* y *Eisenia fetida* desde una perspectiva experimental*. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/13041>
- Farias, C. a. S. D. (2016, May 18). *Vermicompostagem de resíduos agroindustriais: influência da proporção do substrato de sobrevivência*. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/12588>
- García, J. (2017). *Utilización de contenido ruminal como sustrato para la crianza de lombriz roja californiana*. Penjamo, Mexico.

- Guimarães, A. A. (2020). *¿Con qué tritura sus alimentos la lombriz? -- ¿Dientes, muela o rádula? | Minhobox*. <http://www.minhobox.com.br/minhoquiz/post/es/com-que-a-minhoca-tritura-seus-alimentos#:~:text=En%20lombrices%2C%20el%20alimento%20es,cuanto%20pasa%20por%20el%20es%C3%B3fago>.
- Gutiérrez, Á. J., Ramos, B. J. S., Castañeda, R. J. P., & Cáceres, B. L. Q. (2020). Crianza de eisenia foetida (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico. *Ecología Aplicada*. <https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1559>
- Infoagro. (2017, 9 agosto). *Lombricomposto, vermicompost o humus de lombriz - Revista InfoAgro México*. *Revista InfoAgro México*. <https://mexico.infoagro.com/lombricomposto-vermicompost-o-humus-de-lombriz/>
- Gutiérrez, E., Juárez A, Mondragón, A., & Rojas, A. (2007). *Dinámica poblacional de la lombriz Eisenia foetida en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino*. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, VIII(7), 1-8*.
- Jaimes, G., Vega, G., & Ortiz, H. (2020). utilización de residuos de la industria papelera para la cría de la lombriz roja californiana (eisenia foetida), en la generación de vermicompost. *Revista MODUM, 2, 130–138*. *Recuperado a partir de* https://revistas.sena.edu.co/index.php/Re_Mo/article/view/3025.
- Khatua, C., Sengupta, S., Balla, V. K., Kundu, B., Chakraborti, A., & Tripathi, S. (2018). Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using Eisenia fetida. *Waste Management, 79, 287–295*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.043>
- Lemma, A., & Abera, T. (04 de septiembre de 2020). *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*. Obtenido de Nutrient Quality Assessment of Vermicompost Prepared From Different Raw Materials at Lume District of East Shewa Zone, Oromia, Ethiopia: http://www.ijries.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJRI ES_205_FINAL.pdf
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics: The use of vermicompost in organic

- farming. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143–1156.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- Ministerio de ciencias, J. d. (22 de julio de 2019). *ministerio de ciencias tecnología e innovación*. Recuperado el 05 de abril de 2023, de ideasparaelcambio.minciencias.gov.co:
<https://apropiaconsentido.minciencias.gov.co/16309/biocompost-para-cultivos-sostenibles/>
- Morales, L. (2010). *Dinámica poblacional de la lombriz (Eisenia foetida) en los residuales de met-mex peñoles*. Torreon, Coahuila: Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro".
- Ortiz, M. M. J., Álvarez, R. G., Hernández, J. O., Zurita, L. G., Fernández, J. M. P., & Ibáñez, E. M. A. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea Mays L.*). *Nova Scientia*, 11(23), 165-197. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Pazzini Eckhardt, D., Almeida Santana, N., Seminoti Jacques, R. J., Lorensi de Souza, E., Avelar Ferreira, P. A., Antonioli, Z. I., & Domínguez Martín, J. (2021). Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. *ciencia rural*, 8.
- Ramnarain, Y. I., Ansari, A. A., & Ori, L. (2018). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 23-36. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0225-7>
- Reyes, D. M. (2022, December 31). *Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos*. Maqueira Reyes | Revista ECOVIDA. <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/262/545>
- Rivera Gallego, P., & Yate Segura, A. (20 de Mayo de 2018). Uso de *Eisenia Foetida* (Oligoquetos: Lumbricidae) para la producción de bioabono, Bogotá – Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 10, 15-24. Recuperado el 5 de abril de 2023
- Rodas Peláez, Á. (2022, 7 junio). *Estiércol de bovino. mina de oro sin explotar - Notiagro*. Notiagro. <https://www.agromundo.co/blog/estiercol-de-bovino-mina-de-oro-sin-explotar/>

- Romero, C. O. (04 de octubre de 2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400068#:~:text=Estos%20resultados%20coinciden%20con%20lo,de%20bovino%20previamente%20%E2%80%9Ccompostead%E2%80%9D.
- Sanchez Rocha , L. E. (29 de mayo de 2020). *Instituto Tecnológico Superior de Abasolo*. Obtenido de Elaboración de lombricomposta bajo distintas dietas con lombriz roja californiana (Eisenia foetida): https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/68712326/Elaboracion_de_lombricomposta_y_lixiviado_de_lombriz_en_distintos_sustratos-libre.pdf?1628780570=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DElaboracion_de_lombricomposta_bajo_disti.pdf&Expires=1681016
- Santos, M. C. S. (2021, 8 noviembre). *Agro-industrial organic residue influence the production of humus and multiplication of earthworms | Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*. <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/1045>
- SEAE. (2022). Qué nutrientes aporta cada estiércol y sus componentes a nuestras plantas. *La Huertina De Toni*. <https://www.lahuertinadetoni.es/nutrientes-estiercol/>
- Sembralia . (22 de Enero de 2021). *Tipos de Sustratos para el Cultivo de Plantas*. Obtenido de Tipos de Sustratos para el Cultivo de Plantas: <https://sembralia.com/blogs/blog/tipos-de-sustrato>
- UAESP. (20 de septiembre de 2018). *Alcaldía mayor de Bogotá* . Obtenido de Guía Técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura: <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/publicacion/estudios/guia-tecnica-aprovechamiento-residuos>
- Vianey, C. N. (2017, 1 junio). *Compostaje y vermicompostaje: Estrategias de manejo del estiércol equino y bovino en una zona rural del sur del Estado de México*. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/79919>
- WikiFarmer. (27 de junio de 2017). Obtenido de <https://wikifarmer.com/es/produccion-de-estiercol-de-cerdo-y-gestion-de-residuos/>
- Yatoo, A. M., Rasool, S., Ali, S., Majid, S., Rehman, M. U., Ali, M. N., Eachkoti, R., Rasool, S., Rashid, S. M., & Farooq, S. (2020). Vermicomposting: An Eco-Friendly Approach

for Recycling/Management of Organic Wastes. *Bioremediation and Biotechnology*,
167-187. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0_8