



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Capacidad de producción de lombriz roja californiana
(*Eisenia fetida* S.) en condiciones alimenticias,
ambientales con luz y oscuridad

Autores

Br. Henry Modesto Jarquín Campos
Br. Johany Rafael Urbina Correa

Asesores

MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Ing. Luis Enrique Ruiz Obando

**Managua, Nicaragua
Enero, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del comité Evaluador

MSc. Javier Ignacio Silva Rivera
Presidente

Ing. Arlem Tania Ríos Peralta
Secretaria

Ing. Ericka Olmara Cabezas Fonseca
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua Enero del 2025

DEDICATORIA

Este logro alcanzado es para ti, Dios Todopoderoso que siempre me acompaño en este arduo viaje académico, mi más profunda gratitud por permitirme culminar con éxito mis estudios. Tu presencia omnipotente ha iluminado mi camino, permitiéndome sabiduría, fortaleza y entendimiento para poder enfrentar los desafíos y retos presentados a lo largo de la carrera universitaria.

A mi bella madre, Joana Campos Jarquín que ha sido el pilar fundamental en mi vida, gracias por tu apoyo incondicional que ha marcado cada paso de mi existencia. Con todo el regocijo en mi corazón, dedico este triunfo a ti, mamá, con el anhelo de que sientas orgullo por esta meta alcanzada, la cual es resultado de tu amor y dedicación.

Este triunfo también quiero dedicarlo a mi hermana Angie Isamara Martínez Campos que constantemente ha estado pendiente de mi superación personal y profesional.

Br. Henry Modesto Jarquín Campos

DEDICATORIA

En primer lugar, este logro es dedicado a Dios fuente de mi fortaleza siempre dándome salud, fuerza inteligencia, sabiduría y entendimiento para poder llegar a cumplir esta etapa final en mi vida, lo logrado es un reflejo de tu amor, gracia y misericordia en mi vida, le dedico esta tesis como un humilde agradecimiento por todas las bendiciones y oportunidades que ha derramado sobre mí permitiéndome llegar hasta acá.

Con todo mi amor y agradecimiento, de todo corazón, este logro va dedicado a mis amados y preciados padres, Andrés Urbina y Lidia Correa, con el anhelo de que se sientan orgullosos de verme alcanzar mi meta de ser un Ingeniero Agrónomo. Gracias por ese apoyo incondicional durante toda esta etapa universitaria y por ser mi principal fuente de inspiración para no darme por vencido y luchar para cumplir cada una de mis metas.

Br. Johany Rafael Urbina Correa

AGRADECIMIENTO

A mi familia, que siempre me ha motivado a perseguir cada meta propuesta, gracias por inculcarme la responsabilidad, honestidad, solidaridad y respeto, principios primordiales que siempre están presentes en mi vida. Agradezco sus palabras de aliento y su fé depositada en mí.

A la Universidad Nacional Agraria, las distinguidas autoridades y profesores por su compromiso y entrega con la excelencia académica. El conocimiento y las experiencias adquiridas en la institución han sido indispensable en mi crecimiento personal y profesional.

A mis asesores Ing. MSc. -Jorge Antonio Gómez Martínez e Ing. Luis Enrique Ruiz Obando por el invaluable apoyo y guía durante el desarrollo de mi tesis. Gracias por estar siempre dispuestos a compartir sus conocimientos profesionales y brindarme parte de su tiempo, lo cual fue crucial para culminación exitosa de este trabajo.

A Carlos Heriberto Muñoz, técnico agropecuario, responsable del lombricario, por sus valiosos aportes compartidos en campo. Gracias por la disposición de compartir su experiencia y conocimientos empíricos, los cuales fueron claves para el desarrollo de la investigación.

A Kenia Judith Paiz, por su respaldo incondicional y su constante motivación. Agradezco su confianza en mi potencial y por alentarme a dar lo mejor de mí en cada etapa de la formación profesional.

Finalmente, a mis amigos, José Noé Díaz Manzanares, Johany Rafael Urbina Correa, Moisés Omar Soza Morales, Yoheiling Ortega y Camila Rueda quienes han sido parte vital de esta etapa de mi vida.

Br. Henry Modesto Jarquín Campos

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud en primer lugar dándole principalmente gracias a Dios, ya que fue mi pilar fundamental del día a día dándome salud, inteligencia, fuerzas y sabiduría durante este largo proceso y llegar a esta etapa final ya que sin el nada hubiese sido posible.

A mis padres Andrés Urbina y Lidia Correa por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por su gran amor, comprensión y cariño, sus valores y sus enseñanzas sobre la importancia del esfuerzo, responsabilidad y dedicación han sido fundamentales en mi formación personal y académica, sus palabras de aliento y la fe en mis capacidades, me dieron la fuerza necesaria para superar cada obstáculo durante este largo trayecto.

A la Universidad Nacional Agraria y sus docentes por darme la oportunidad de formarme como profesional, así también por los recursos y el apoyo durante mi trayectoria académica. Mis asesores Ing. MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez e Ing. Luis Enrique Ruiz Obando, por brindarme su apoyo y compartir sus conocimientos profesionales tanto prácticos como teóricos y ser una pieza fundamental en la realización de toda esta investigación.

A mis hermanos: Rebeca Urbina, Jhogebeth Urbina, Raquel Urbina, Esperanza Urbina, Elizabeth Urbina y Eliel Urbina por el apoyo económico y palabras de motivación que fueron crucial para forjarme de valor.

A Carlos Heriberto Muñoz trabajador del área de lombricultura, por formar parte de esta investigación facilitando sus conocimientos teóricos y empíricos que fueron fundamental para el desarrollo de la investigación.

Finalmente, a mis amigos: Henry Jarquín Campos y Giovani José López por ser parte de este logro, por contar con su apoyo durante este proceso.

Br. Johany Rafael Urbina Correa

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Referencia histórica	4
3.2 Clasificación taxonómica	4
3.2 Morfología de la lombriz	4
3.2.1 Caracterización general de la lombriz	5
3.2.2 Características externas	5
3.2.3 Características internas	6
3.2.4 Ciclo de vida y reproducción	7
3.2.5 Lombricultura	8
3.2.6 Importancia en la agricultura	8
3.2.7 Calidad de humus de lombriz roja californiana	8
3.2.8 Condiciones para el desarrollo de la lombriz roja californiana	9
Temperatura	9
pH	9
Humedad	9
Aireación	10
Luz	10
3.2.9 Sustratos utilizados	11

3.2.9.1	Sustrato bovino	11
3.2.9.2	Estiércol fresco	11
3.2.10	Estiércol maduro	12
3.2.11	Estiércol envejecido	12
3.2.10	Cosecha de humus y de lombriz	12
3.2.11	Enemigos naturales de la lombriz	13
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1	Ubicación del estudio	14
4.2	Diseño metodológico	14
4.3	Diseño experimental	14
4.5	Descripción de los tratamientos	15
4.6	Establecimiento del ensayo	15
4.6.1	Pie de cría	15
4.6.2	Siembra del lombricario	15
4.6.3	Riego	16
4.6.4	Cosecha	16
4.7	VARIABLES A EVALUAR	17
4.7.1	Producción de humus (kg)	17
4.7.2	Longitud de lombriz (cm)	17
4.7.3	Peso de lombriz (g)	17
4.7.4	Temperatura del sustrato (° C)	17
4.7.5	pH del sustrato	17
4.7.6	Humedad del sustrato	17
4.8	Recolección de datos	17
4.9	Análisis de datos	18
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5.1	Peso total de lombriz	19
5.2	Longitud de lombriz	20
5.3	Peso de producción de humus de lombriz (Kg)	22
5.5	Evaluación del pH	24
VI.	CONCLUSIONES	27
VII.	RECOMENDACIONES	28
VIII.	LITERATURA CITADA	29
IX.	ANEXOS	33

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Clasificación taxonómica de la lombriz	4
2. Descripción de los tratamientos	15
3. Medias de variables en la capacidad de producción en ambos factores	23

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Morfología de la lombriz roja californiana	4
2. Peso de lombriz en condiciones alimenticias y ambientales	19
3. Longitud de lombriz en condiciones alimenticias y ambientales	21
4. Peso de humus solido en condiciones alimenticias y ambientales	22
5. Temperatura del sustrato (°C)	24
6. Promedios de pH, según ambiente y tipo de alimentación	25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Siembra del pie de cría	33
2. Mapa del Centro Experimental de validaciones tecnológicas	33
3. Alimentación del pie de cría	33
4. Cosecha del pie de cría	33
5. Distribución de peso por tratamiento	34
6. Siembra de lombriz en cajillas plásticas	34
7. Toma de pH y Humedad	34
8. Peso de humus sólido producido	34
9. Formato de recolección de datos	35
10. Plano de campo	36

RESUMEN

El presente estudio de investigación fue realizado en el centro experimental Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria en Managua durante el periodo noviembre 2023 a marzo del 2024. El comportamiento de la lombriz de tierra puede estar influenciado según el entorno en que se desarrollan, así como por la calidad y el tipo de alimentación. El objetivo de la investigación fue comparar la capacidad de producción de la lombriz roja californiana bajo tres condiciones alimenticias y dos ambientales. El experimento se estableció en arreglo bifactorial con diseño de bloques completamente al azar, factores fueron: A) ambiente luz y sin luz y el factor B constituido por sustratos alimenticios. Se evaluaron seis tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) estiércol fresco (de 1 día a 9 días), 2) estiércol maduro (de 10 días a 18 días), 3) estiércol envejecido (de 20 días a más). Las variables evaluadas corresponden a producción de humus (kg), longitud de lombriz (cm), peso de lombriz (g), temperatura del sustrato (°C), pH del sustrato, humedad del sustrato (%). Se obtuvieron los mejores resultados en el tratamiento seis (estiércol envejecido sin luz), sin embargo, en términos de producción de humus los tratamientos dos y tres (estiércol fresco sin luz) y (estiércol maduro con luz) presentaron el mismo promedio de producción de 4.39 kg de humus, por lo que se recomienda, la utilización del estiércol bovino en estado de descomposición envejecido con la condición ambiental sin luz.

Palabras clave: Lombricultura, condición ambiental, comportamiento productivo, manejo de residuos.

ABSTRACT

The present research study was carried out at the Las Mercedes Experimental Center of the National Agrarian University in Managua during the period from November 2023 to March 2024. The behavior of the earthworm can be influenced by the environment in which they develop, as well as by the quality and type of food. The objective of this research was to compare the production capacity and determine the reproductive behavior of the Californian red worm under three feeding and two environmental conditions. The experiment was established in a two-factor arrangement with a completely randomized block design, factors were: A) light and no-light environment and factor B consisting of food substrates. Six treatments with three repetitions were evaluated. The treatments were: 1) fresh manure (from 1 day to 9 days), 2) mature manure (from 10 days to 18 days), 3) aged manure (from 20 days to more). The variables evaluated correspond to humus production (kg), worm length (mm), worm weight (g), substrate temperature (°C), substrate pH, substrate humidity (%). The best results were obtained in treatment six (aged manure without light), however, in terms of humus production, treatments two and three (fresh manure without light) and (mature manure with light) presented the same average production of 4.39 kg of humus, therefore, the use of aged bovine manure in a state of decomposition with the environmental condition without light is recommended.

Keywords: Vermiculture, productive behavior, reproduction, vermicomposting, waste management.

I. INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una actividad agropecuaria en la que se utiliza la lombriz roja californiana, esta especie es capaz de procesar cualquier tipo de materia orgánica y transformarla en lombricompost, sin el uso de elementos químicos o coadyuvantes, que pueden llegar a dañar los suelos, además se logra obtener subproductos de este proceso, como humus, lixiviado y carne de lombriz rica en proteínas tanto para consumo humano y animal (González *et al.*, 2019).

Ferruzzi (1986) menciona que en el antiguo Egipto se veneraba a la lombriz de tierra por su contribución a la mejora de las tierras cultivadas, a tal punto que estas fueron consideradas sagradas. Aristóteles y Charles Robert Darwin reconocieron la importancia de la lombriz de tierra y su papel en la ecología. Sin embargo, los primeros estudios sobre el hábitat y cría de esta especie comenzaron en 1837 por el biólogo Darwin después de muchas horas extensas de investigación.

Lombrimadrid (s.f) menciona que, en 1974, en Estados Unidos, se registró el inicio de la utilización comercial de lombriz, cuando un familiar del presidente Carter empleó una caja de madera para iniciar un negocio lucrativo con estos organismos, obteniendo resultados financieros satisfactorios. Desde entonces, se han realizado investigaciones exhaustivas para mejorar la especie y que sean aptas para la cría en cautiverio con una longevidad prolongada y un ciclo reproductivo acelerado.

La lombricultura juega un papel fundamental, recicla residuos sólidos orgánicos para producir humus de alta calidad a través de la lombriz, durante la producción existen diversos factores que se consideran como problemática, ya que limitan la producción y reproducción, entre ellos se encuentran, las condiciones ambientales inadecuadas que se brinda a la producción, también está el tipo de alimentación que se les proporciona para su crecimiento, desarrollo y producción de humus.

Nicaragua presenta un vacío en cuanto a investigaciones que determinen la eficiencia técnica y económica de la lombricultura, así como la calidad del producto final resultado de la descomposición (humus), también se ve afectada por la falta de estudios que analicen el impacto

del sustrato utilizado en la alimentación y las condiciones ambientales que se le proporciona a la lombriz. Esta situación hace evidente la necesidad de realizar estudios que permitan medir los beneficios de la lombricultura en el contexto específico de la agricultura.

El objetivo del estudio tuvo como propósito determinar el comportamiento productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) según las condiciones alimenticias y ambientales en Centro Experimental Las Mercedes 2023, 2024.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad de producción de la lombriz roja californiana bajo diferentes condiciones alimenticias y ambientales en el Centro Experimental Finca Las Mercedes, Managua, durante el período 2023-2024.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar la producción de humus de la lombriz roja californiana utilizando estiércol bovino en diferentes estados de descomposición.

- Comparar la productividad de la lombriz roja californiana con el efecto de las condiciones ambientales.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Referencia histórica

Delgado (2011) afirma que la lombriz antiguamente era conocida como el arado o intestino de la tierra, dicha denominación fue dada por Aristóteles. En el antiguo Egipto, la reina Cleopatra otorgó a la lombriz el estatus de animal sagrado y se le imponía el máximo castigo a los que intentaban trasladarlas del reino a otras regiones.

3.2 Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la lombriz

Reino	Animal
Phylum	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	Foétida
Nombre común	Lombriz Roja de California, Coqueta Roja

Fuente: Claveria (2005).

3.2 Morfología de la lombriz

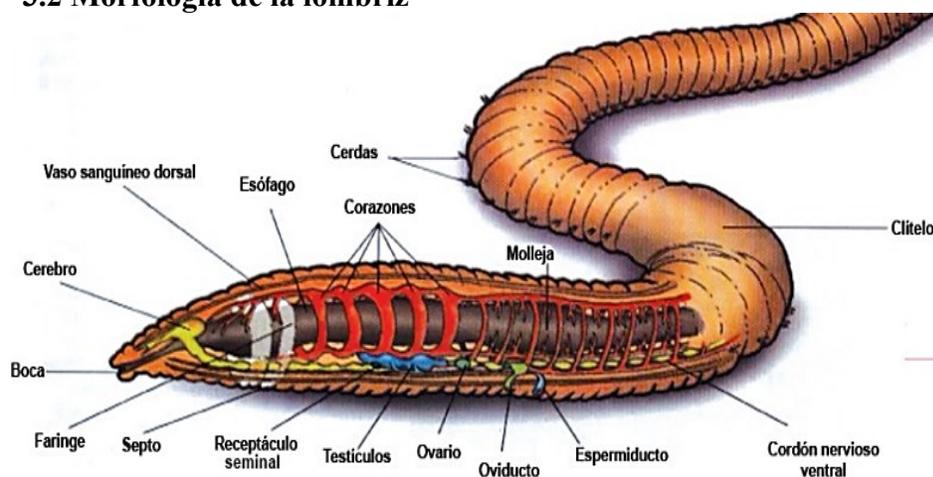


Figura 1. Morfología de la lombriz roja californiana

Fuente: Tomado de Somarriba y Guzmán (2004).

3.2.1 Caracterización general de la lombriz

Rojas (2005) indica que la lombriz roja californiana es una especie que se obtuvo mediante cruces genéticos con diversas lombrices, viven sobre la superficie del suelo bajo un hábito alimenticio de hojas secas y estiércol en descomposición. Esta lombriz es hermafrodita, es decir que posee tanto órganos femeninos como masculinos, sin embargo, los individuos deben cruzarse para intercambiar gametos y lograr su reproducción, respiran por medio de la piel, no soportan la luz y no posee dientes.

En cuanto a sus características Fajardo (2002) reporta que:

La lombriz roja californiana vive normalmente en zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 °C y 20 °C y humedad del 82 %. En estado adulto mide entre 7 cm y 10 cm de longitud con un diámetro entre 3 mm y 5 mm; su peso aproximado es de un gramo. Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60 % se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 17 días (45 días lombriz común), desde los tres meses de edad si la temperatura y humedad del medio son adecuadas.

3.2.2 Características externas

Según Restrepo *et al.* (2007) esta especie:

Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm. de longitud llamada clitelo, cuya función está relacionada con la reproducción. Al nacer son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse. (p. 9)

3.2.3 Características internas

De acuerdo con Fajardo (2002) sus características son las siguientes:

Cutícula: Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente.

Epidermis: Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de esta.

Capas musculares: Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.

Peritoneo: Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.

Aparato circulatorio: La lombriz tiene dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.

Aparato respiratorio: Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. Los capilares junto con la cutícula húmeda reciben oxígeno y eliminan anhídrido carbónico.

Sistema digestivo: La boca posee una faringe muscular que actúa como bomba de succión. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino. La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con

un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una predigestión.

Aparato excretor: Formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma.

Sistema nervioso: Tienen un sistema nervioso que consta de un cerebro, un cordón nervioso central y células sensoriales especiales que incluyen células táctiles, receptores gustativos, células sensibles a la luz y células relacionadas con la detección de humedad.

Aparato reproductivo: Está formado por el Clitelo que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y se caracteriza por secretar una sustancia que forma las cápsulas para alojar los huevos, esta aparece sólo en la lombriz adulta y representa la madurez sexual. También poseen por ser hermafroditas los 2 órganos sexuales: testículos y ovario con el respectivo receptáculo seminal y oviducto.

3.2.4 Ciclo de vida y reproducción

Para López *et al.* (2011) afirma que:

La *Eisenia fetida*, es de carácter prolifera madura sexualmente a los tres primeros meses de vida y su longevidad esta aproximadamente a los 16 años. Su alta capacidad reproductiva hace que su población pueda duplicarse en 45 a 65 días. Existe una razón reproductiva equivalente que al cabo de un año de 1,000 especímenes se convierten en 12,000 individuos. (p.18)

Villamar (2024) indica que:

Cada lombriz está equipada con un aparato genital masculino y un aparato genital femenino. La cópula se realiza cada 7-10 días. Después de 14 a 21 días de incubación, los pequeños gusanos emergen de la cápsula, que ya ha adquirido un color más oscuro,

produciendo entre 2 y 7 gusanos blancos que miden aproximadamente 1 mm de largo.
(p.7)

3.2.5 Lombricultura

Cajas Sánchez (2009) define la lombricultura como una práctica agrícola innovadora que implica la cría y manejo de la lombriz para aprovechar su capacidad natural de descomponer materia orgánica. Esta técnica, que se podría describir como una forma de agricultura sustentable, involucra el uso de esta especie que son criadas en un ambiente controlado para maximizar su eficiencia en la descomposición de residuos orgánicos.

Sánchez (2003) describe la lombricultura como una forma de biotecnología que emplea la especie de lombriz adaptada como instrumento de trabajo. Se destaca su potencial como negocio debido a su capacidad de expansión, proyectándose como el método más eficiente y rápido para revitalizar los suelos en áreas rurales en un futuro próximo.

3.2.6 Importancia en la agricultura

Murguía *et al.* (2010) describe la actividad de la lombriz roja californiana como un recurso potencial de gran importancia para el desarrollo sostenible en la agricultura, porque participan activamente en la regulación de las propiedades físicas del suelo, la dinámica de materia orgánica ambiental y en el crecimiento de las plantas, junto a otros macroorganismos descomponedores que forman parte de la fauna del suelo, esto se debe a la capacidad de desintegrar la materia orgánica, reciclar nutrientes y formar parte del suelo, actividad que puede verse afectada por la presencia de elementos tóxicos.

3.2.7 Calidad de humus de lombriz roja californiana

Rojas (2005) afirma que la calidad del humus va en dependencia del tipo de alimento que se le suministre a la lombriz como: estiércol, rastrojo u otros desechos, el aporte nutritivo del humus depende de la cantidad y calidad proporcionada de materia prima procesada por la lombriz.

Briceño y Pérez (2017) señala que; el humus de lombriz presenta un alto contenido de carga bacteriana, la cual es aprovechada por las raíces de las plantas, donde este tipo de abono no genera contaminación al medio ambiente brindando el aumento de fertilidad natural en cualquier cultivo de interés.

3.2.8 Condiciones para el desarrollo de la lombriz roja californiana

Condiciones óptimas que influyen en el desarrollo de la lombriz y la producción de humus:

Temperatura

Montes y Ruiz (2013) afirman que el rango óptimo de temperatura para el desarrollo de la lombriz oscila de 20 °C a 30 °C, Sin embargo, se ha observado que esta especie puede mantenerse viva en condiciones que varían desde 0 °C hasta 42 °C, es importante destacar que la temperatura puede ser monitoreada fácilmente utilizando un termómetro doméstico estándar.

pH

Fuentes y Hernández (2008) mencionan que el pH es un factor que depende de la humedad y la temperatura, cuando se controlan los dos últimos factores correctamente, podremos controlar el pH siempre que el sustrato contenga pH alcalinos. La lombriz asimila aquellos sustratos con pH de 5 a 8.4 disminuidos o pasados en esta escala la lombriz entra en una etapa de dormición.

Sin embargo, Izquierdo (2016) indica que se debe tomar muy en cuenta el pH en el proceso de la obtención del humus de lombriz, el más apropiado es el básico entre 6,5 a 7,5. Un pH ácido, puede ocasionar serios problemas a las lombrices, pudiendo llevarlos hasta la muerte.

Humedad

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas o cocones, una humedad superior al 85 % es muy dañina para las lombrices, haciendo que éstas entren en un período de dormición en donde se afecta la producción de lombrihumus y la reproducción de biomasa (Fuentes y Hernández, 2008).

Villamar (2024) argumenta que la humedad es un factor fundamental en el entorno en el que habita la lombriz, se debe proporcionar un ambiente húmedo, en donde la lombriz puede adaptarse y reproducirse fácilmente, poca humedad puede deshidratarlas y disminuir su capacidad de producción y reproducción, sin embargo, un exceso de humedad provocara condiciones anaeróbicas en el sustrato, lo cual resulta altamente perjudicial para esta especie, por lo tanto se debe mantener la humedad adecuada para que la lombriz puede desarrollarse sin ningún problema.

Aireación

Según Mayorga y Urey (2015) las lombrices pueden satisfacer sus necesidades de oxígeno con el aire o el agua. Aunque este factor no ha sido mucho estudiado, se sabe que existe una gran diferencia en la persistencia de especies en suelos con alto o bajo contenido de oxígeno, lo que se ha demostrado es que esta especie por lo general prefiere los suelos saturados con agua que con aire.

Reyes y Martínez (2008) mencionan que la aireación juega un papel esencial en el proceso de respiración y crecimiento de las lombrices, cuando la aireación no es óptima, se observa una reducción en la ingesta de alimentos, lo que limita la capacidad de metabolización de estos. Además, la compactación del suelo afecta negativamente el proceso de apareamiento y reproducción de las lombrices.

Luz

Cabrera (2006) afirma que la luz solar, especialmente la radiación ultravioleta (UV), representa un peligro considerable para los anélidos, como la lombriz roja californiana, debido a que esta especie posee un sistema nervioso sensible que se ve afectado negativamente por la exposición a la luz UV provocando la muerte de estas mismas.

Cerdas (1996) menciona que las lombrices necesitan de oscuridad, la presencia de luz las afecta directamente; exposiciones por tiempo corto a los rayos ultravioleta las deshidrata y les causa la muerte de manera rápida. Se ha observado que la lombriz tiene una preferencia por la luz roja,

mientras que evitan la luz azul, durante la noche, esta especie sale de sus galerías subterráneas, extendiendo su parte frontal para explorar, alimentarse o aparearse.

3.2.9 Sustratos utilizados

Raya -(2010) manifiesta que los sustratos a utilizar como material alimenticio, bien sea, de forma individual o mezclado con otros tipos de desechos vegetales son el alimento más deseado por la lombriz roja californiana, dentro de toda la diversidad de estiércol animal se sugiere utilizar los siguientes: estiércol de caballo, vaca, porcino, conejo y pollo, no obstante el más utilizado en la lombricultura es el estiércol bovino, debido a que es excelente como sustrato de inicio y alimentación durante -la producción.

3.2.9.1 Sustrato bovino

Medina y Quezada (2004) este puede ser utilizado sin necesidad de mezclarse, debido a su alto contenido en celulosa, también ha sido utilizado como sustrato inicial y como alimento durante la producción y reproducción de la lombriz. Este sustrato es el que más se usa en la lombricultura y en el que predominan varios estudios relacionados a la fermentación, estabilización rápida y también por su alto contenido nutricional.

3.2.9.2 Estiércol fresco

En cuanto a este estado de descomposición Medina y Quezada (2004) expresan que “es el que recién acaba de producir por el bovino. Tiene una consistencia pastosa, de color verde encendido, olor insoportable, debido a que su pH es altamente alcalino (> que 8.5), lo cual no es recomendable para la lombriz” (p.14).

Es posible utilizar estiércol fresco bovino como alimento para lombriz, sin embargo, es importante tener en cuenta ciertas precauciones y consideraciones al momento de la alimentación de estas mismas, con el fin de evitar el exceso de capas de estiércol y disminuir

efectos negativos en el lombricario, es por ello por lo que se debe llevar un monitoreo continuo de la cantidad de estiércol a utilizar.

3.2.10 Estiércol maduro

Reyes Pérez (2024) mencionan que este estiércol ha sido producido por el animal en un período de aproximadamente 10 a 18 días, se caracteriza por su consistencia, la cual es semipastosa, con un tono que varía entre verde oscuro hasta color pardo y su olor es tolerable. El pH se mantiene estabilizado, generalmente alcanzando este equilibrio en un lapso de 7 a 8 días, este sustrato se presenta como ideal para la crianza de lombrices, ya que ofrece condiciones óptimas, no obstante, en ocasiones es necesario agregar agua para mantener su humedad y regular la temperatura.

3.2.11 Estiércol envejecido

Según Arellano (2022) el estiércol viejo, como su nombre lo indica, es un material con más de 20 días de haber sido producido por el bovino, su textura es muy pastosa y quebradiza al momento de manipularla, sin embargo, este tipo de estado de descomposición no lo convierte en un aliado ideal para la cría de la lombriz, debido a que su pH representa un peligro para estos organismos, provocándoles hacia un estado de letargo.

3.2.10 Cosecha de humus y de lombriz

FIA (2018) afirma que, en un periodo de 3 a 4 meses, es posible iniciar el proceso de cosecha del producto, el cual está sujeto al manejo adecuado del sistema. Para llevar a cabo este procedimiento, se implementa la técnica de separar las lombrices, dejando el alimento únicamente en un extremo del lecho durante un período de 4 a 7 días, este enfoque permite que la lombriz pueda migrar hacia esa zona específica, dejando el humus en condiciones óptimas para su debida recolección, con una baja densidad poblacional de lombriz.

Román *et al.* (2013) La cosecha de lombriz se realiza de acuerdo con el sistema de producción y las dimensiones del cultivo, en el ámbito de la producción a pequeña escala, se emplea el método de trampeo de lombriz, que implica la interrupción de la alimentación de la lombriz durante un período de 8 a 10 días. Posteriormente, se introduce "alimento fresco" en un extremo de la cama o sobre el material dentro del mismo contenedor para atraer a las lombrices, de esta manera, la lombriz se desplaza hacia el alimento.

3.2.11 Enemigos naturales de la lombriz

Según Compagnoni y Putzolu (1998), las principales especies depredadores de la lombriz roja son: pájaros, topos, sapos, ciempiés, ratas, hormigas, tijeretas y coleópteros, donde recomiendan el siguiente control:

La hormiga se controla con abundantes aplicaciones de agua y detergente en donde han construido su hormiguero. Los pájaros en general constituyen un serio peligro para la lombriz; un método eficaz y de muy bajo costo con el que proteger a la lombriz de estos enemigos consiste en proporcionarles una red de plástico por encima de los lechos o canteros.

Delgado (2011) indica que las hormigas rojas, atraídas por la secreción azucarada de las lombrices, pueden convertirse rápidamente en un peligro para nuestro criadero y para controlarlas es posible sin recurrir a productos químicos, simplemente manteniendo la humedad de la cama o canteros al 80 % y la presencia de hormigas desaparecerá.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Centro de experimentación, finca Las Mercedes se encuentra ubicada en Las Mercedes, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 11 carretera norte, entrada al NUEVO CARNIC 800 m al Norte. Sus coordenadas geográficas corresponden a: 12°10'14" a 12°08'05" de latitud Norte y 86°10'22" a 86°09'44" longitud Oeste, a 56 msnm. (Ver anexo 1)

4.2 Diseño metodológico

Este trabajo se enmarcó en una investigación con enfoque cuantitativo y un diseño experimental para generar información acerca del efecto de la alimentación con estiércol bovino en diferentes etapas de descomposición y diferentes condiciones ambientales.

El experimento se realizó en un periodo de tiempo de 150 días, incluyendo la primera etapa del pie de cría, se alimentaron una vez por semana, adicionando una capa no mayor de 5 cm que representó aproximadamente 1 kg de sustrato bovino.

Para realizar esta investigación se dividió en cuatro fases de trabajo:

Fase uno: Delimitación del área de estudio

Fase dos: Crianza del pie de cría de lombriz

Fase tres: Crianza de lombriz dentro de las cajillas plásticas

Fase cuatro: Cuantificar y analizar datos de las variables

4.3 Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con arreglo bifactorial 3x2; el factor A sustratos alimenticios (fresco, maduro y envejecido) y factor B el

ambiente (luz y sin luz), los tratamientos fueron establecidos en cajillas plásticas con dimensiones de 25x31x50 centímetros provistas de agujeros.

4.5 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de ambos factores (Cuadro 2)

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Estiércol fresco con luz
T2	Estiércol fresco sin luz
T3	Estiércol maduro con luz
T4	Estiércol maduro sin luz
T5	Estiércol envejecido con luz
T6	Estiércol envejecido sin luz

4.6 Establecimiento del ensayo

4.6.1 Pie de cría

Durante esta etapa inicial del ensayo, se realizó la búsqueda de los materiales para el establecimiento del pie de cría, donde se utilizó la mitad de un barril plástico para la ubicación de la lombriz, en donde se tomó 1 kg de lombriz roja californiana del lombricario de la UNA, el proceso de alimentación se realizó dos veces por semana y el riego una vez por semana, esta etapa tuvo un periodo de duración de dos meses con el fin de obtener aproximadamente las mismas edades de la especie para luego ser trasladadas a las cajillas, donde se realizaron las divisiones por tratamientos.

4.6.2 Siembra del lombricario

En esta etapa se realizó la selección, traslado y ubicación de las cajillas hacia la zona de experimentación y la compra de una malla para forrar las cajillas plásticas y evitar la entrada de plagas que puedan afectar durante todo el periodo y también evitar la salida de la lombriz por los orificios de las cajillas.

Se ejecutó una prueba de supervivencia con 20 lombriz por cada condición alimenticia; estiércol fresco, estiércol maduro y estiércol envejecido y se depositó en pequeños canteros para verificar si la lombriz cumplía con las condiciones óptimas para poder reproducirse en ese tipo de hábitat. La distribución de la lombriz para los tratamientos se realizó cuando se pesó completamente la población cosechada del pie de cría, luego del peso total obtenido de la lombriz, se dividió entre las 18 unidades experimentales, se colocó 43.5 g de lombriz en cada cajilla plástica y se les proporcionó 0.45 kg de alimentación y 0.90 kg del sustrato del pie de cría, de esta manera se garantizó que la lombriz tuviera un refugio en caso de que las condiciones alimenticias no sean óptimas.

Los tratamientos que poseen la condición ambiental sin luz se les ubicó una sábana de color oscuro para evitar que la luminosidad se reflejara hacia las cajillas y cumplir con esta condición ambiental. La alimentación se le proporcionó una vez por semana para evitar un exceso de residuos sin descomponer.

4.6.3 Riego

El alimento destinado a las cajillas plásticas se sometió a una preparación previa de aplicación de agua, ajustándose a las necesidades de humedad que oscilaron entre el 70 % y el 85 %. Este proceso se realizó hasta lograr una saturación completa sin que se produzca escurrimiento, además, para mantener este nivel de humedad se utilizó agua limpia. La frecuencia y cantidad de este riego se adaptó a las condiciones ambientales y al espesor específico de la capa del sustrato utilizado.

4.6.4 Cosecha

En un lapso de 90 días se inició la cosecha del producto final, para llevar a cabo este proceso, se implementó la separación de la especie al concentrar el alimento exclusivamente en un extremo de las cajillas durante un período de 4 a 7 días. La lombriz, de manera natural, migró hacia esa región de la cajilla, permitiendo que el humus alcanzará las condiciones ideales para su recolección, con una baja presencia de individuos.

4.7 Variables a evaluar

4.7.1 Producción de humus (kg)

Esta se evaluó al final de la fase, durante el período de los tres meses correspondientes al tiempo de estudio, luego se pesó el volumen de humus sólido producido por cada tratamiento y repetición, luego se registró el dato.

4.7.2 Longitud de lombriz (cm)

Se seleccionó cada una de las cajillas de los tratamientos y se tomó la cantidad de seis lombrices encontradas al final del estudio.

4.7.3 Peso de lombriz (g)

Se pesaron seis lombrices por tratamiento al final del estudio, para determinar el peso se utilizó una balanza digital.

4.7.4 Temperatura del sustrato (° C)

Se realizó una vez por semana por cada tratamiento y repetición en horas de la mañana con un termómetro de mercurio.

4.7.5 pH del sustrato

Se evaluó cada 7 días en horas de la mañana, durante los dos meses de estudio, se registró el dato en cada tratamiento y se utilizó un medidor de pH (Modelo 7028).

4.7.6 Humedad del sustrato

Se realizó una vez por semana, en horas de la mañana y se utilizó un medidor de humedad del suelo (Modelo 7028).

4.8 Recolección de datos

En esta investigación de tipo experimental, el instrumento principal que se utilizó para la recopilación de datos fue la observación directa y la toma de anotaciones de campo. Este enfoque permitió la obtención de información detallada sobre el comportamiento productivo y reproductivo de la lombriz roja californiana bajo distintas condiciones ambientales y

alimenticias. Durante el período de estudio, se llevó a cabo observaciones continuas y sistemáticas, se registraron aspectos como la actividad diaria de la lombriz, la respuesta a la luz o la oscuridad, la interacción con el estiércol bovino fresco, maduro y envejecido, así como cualquier otro comportamiento con las condiciones alimenticias y ambientales proporcionada.

4.9 Análisis de datos

Los resultados de las variables de producción y reproducción se digitalizaron en una hoja de Excel. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) al 95 % de confianza y una separación de medias por medio de la prueba de Tukey al 5 % en el programa estadístico InfoStat versión estudiantil 2016.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Peso total de lombriz

Gastón *et al.* (2011) afirma que el peso es un indicador que demuestra el grado de buen desarrollo alcanzado por las lombrices, esto se relaciona con individuos sanos, resistentes a los eventos adversos en su entorno e individuos seleccionados para pie de cría para nuevas generaciones

El análisis estadístico determinó que existe diferencia significativa ($p>0,05$), entre los tratamientos siendo el tratamiento estiércol envejecido sin luz con 140.3 g. el menor promedio lo obtuvo el tratamiento estiércol maduro con luz con 65 g (Figura 2). Al realizar el análisis por factores separados se observó que el sustrato alimenticio estiércol envejecido y el ambiente sin luz registro el mayor peso de lombriz con un promedio de 111.17 y 104 g de lombriz, el menor peso lo obtuvo el tratamiento estiércol fresco con luz (Cuadro 3).

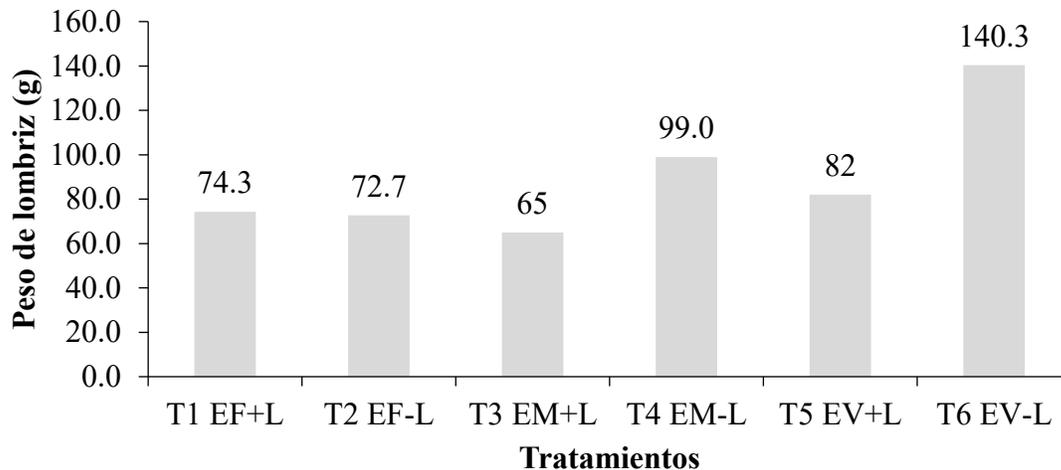


Figura 2. Peso de lombriz en condiciones alimenticias y ambientales

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz (Testigo), T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz.

Hu *et al.* (2020) afirma que la lombriz roja californiana presentó mayor peso cuando se alimentó con estiércol bovino envejecido debido a la baja concentración de amoníaco y compuestos

volátiles, esta condición les proporciona mayor estabilidad y la presencia de microorganismos benéficos, además que se optimiza su adaptación, crecimiento y reproducción.

Durán y Henríquez (2009) “El tipo de sustrato en que crece la lombriz influye tanto en el peso como en su reproducción, lo cual parece existir una relación inversa entre ambas variables: Lombriz de mayor peso se relacionaron con menores tasas de reproducción”.

De acuerdo con el resultado obtenido del mayor peso de lombriz, a través de nuestras observaciones podemos determinar que este resultado se debe a la alta calidad nutritiva del estiércol bovino envejecido, ya que paso por un proceso de descomposición previo que facilita la digestión y la asimilación de nutrientes necesarios como nitrógeno, fosforo y potasio que son esenciales para el crecimiento, aumento de peso y reproducción.

5.2 Longitud de lombriz

Gastón *et al.* (2011) Menciona que es importante conocer la talla de las lombrices, porque este nos ayuda a estimar la cantidad de eclosiones de individuos y determinar los niveles de crecimientos para la segunda etapa, también nos dice que la talla de 6 a 10 cm es un indicador del número de individuos que se encuentran en la etapa de reproducción.

La figura tres muestra que los mejores resultados se presentaron en el tratamiento estiércol envejecido sin luz con 9.46 centímetros, mientras tanto el tratamiento (Estiércol fresco más luz) reflejo las longitudes más bajas de lombriz con 6.29 centímetros Al realizar el análisis por separado y la interacción entre ambos factores se determinó que no existen diferencias significativas (cuadro 3).

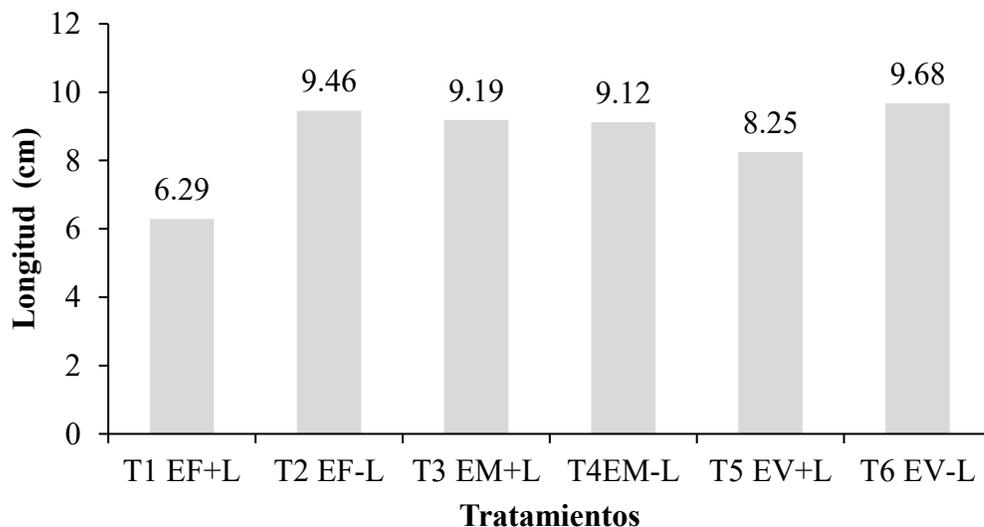


Figura 3. Longitud de lombriz en condiciones alimenticias y ambientales

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz (Testigo), T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz.

A través de los resultados obtenidos, en función de nuestras observaciones podemos determinar que el tratamiento que obtuvo mejores resultados (Estiércol envejecido sin luz), se debe a que en condiciones de alimentación de estiércol envejecido se vuelve más fácil de procesar y la conversión del estiércol en humus promoviendo así su crecimiento y desarrollo, con respecto a la condición ambiental, la ausencia de oscuridad simula su hábitat natural, de esta manera se reduce el estrés, lo que favorece a su crecimiento y desarrollo.

La alimentación que se le proporciona a la lombriz influye en cuanto a la calidad de humus, peso y longitud. Ramón (2014) expresa que el paso del alimento tiene duración de pocas horas a 25 °C independientemente del peso o tamaño, la lombriz de mayor longitud hace avanzar a una velocidad mayor su alimentación al tubo digestivo, esto se debe al desarrollo de la musculatura y la necesidad del consumo mayor de alimento para mantener su índice metabólico.

Durán y Henríquez (2009) Concluyeron a través de su estudio de investigación; El crecimiento y reproducción de las lombrices, está influenciado por el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla.

5.3 Peso de producción de humus de lombriz (Kg)

En la figura cuatro se aprecia que el mejor peso de humus registro en el tratamiento estiércol envejecido sin luz con 4.77 kilogramos el tratamiento estiércol fresco con luz presentó el peso menor peso de producción de humus con 2.8 kilogramos

Mediante el análisis estadístico se evidencio que existen efectos significativos en la interacción y en los factores por separado, siendo el tratamiento estiércol envejecido sin luz el que mostro los mayores pesos totales de humus (cuadro 3).

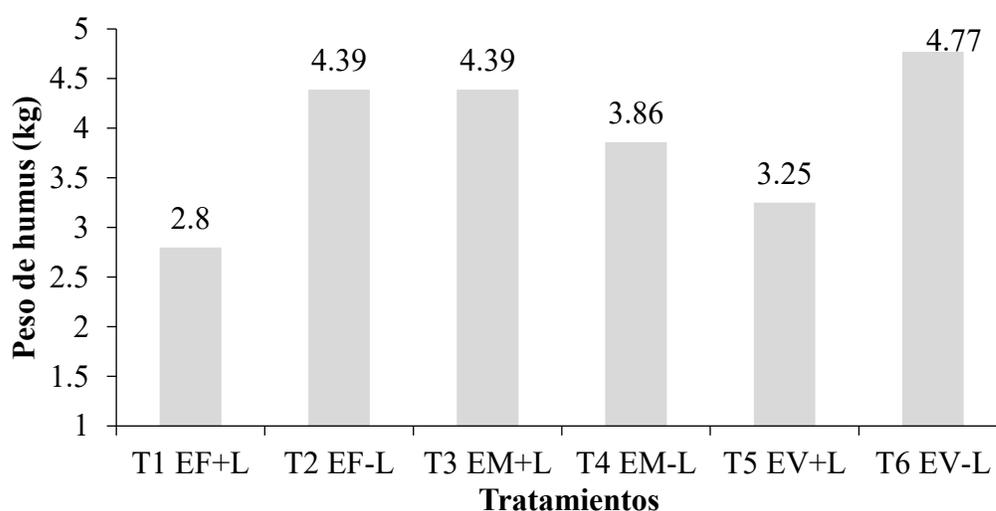


Figura 4. Peso de humus solido en condiciones alimenticias y ambientales

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz (Testigo), T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz.

De acuerdo con nuestras observaciones, el mayor peso de humus en el tratamiento (Estiércol envejecido-luz) se dio a que esta especie tienden a proliferarse si se les proporciona las condiciones necesarias que favorecen su actividad para su crecimiento y desarrollo, por ende, se obtiene una mayor producción de humus.

Correa (2019) refleja en su investigación que la mayor cantidad de humus que obtuvo con los tratamientos se dio en estiércol bovino y estiércol ovino con 36,25 y 33,75 kg respectivamente con 30 días previos de descomposición del sustrato y el tratamiento uno estiércol de cuy ocupó el último lugar con 3,75 kg de humus.

De lo contrario, Alviar *et al.* (1990) citado por Martínez (2021) dice que el sustrato adecuado y con mayor aceptación de estiércol bovino cuando se presentan condiciones óptimas para el crecimiento de lombriz, es el estiércol maduro producido entre los 10 a los 18 días por el animal.

Según Martínez (2021) La etapa de descomposición del estiércol influye directamente en la calidad nutricional del humus sólido producido, reflejando a través de su estudio que el tratamiento (estiércol fresco) fue quien presentó el lombrihumus de mayor calidad nutricional en comparación a los estiércoles con un pre compostaje.

Cuadro 3. Medias de variables en la capacidad de producción en ambos factores

Factor A (Sustrato alimenticios)	Peso total de lombriz (g)	Longitud de lombriz (cm)	Peso total (Kg)
Estiércol envejecido	111.17	9.14 a	9.67 a
Estiércol Maduro	78.00 a	9.17 a	8.42 ab
Estiércol fresco	73.50 ab	7.88 a	7.33 b
P=	0.0490 b	0.2851	0.0064
Factor B (ambiente)			
Con Luz	74.67 a	8.73 a	8.21 b
Sin Luz	104.00 b	9.53 a	9.56 a
P=	0.0234	0.0960	0.0070
Interacción sustrato alimenticio * ambiente			
P=	0.5588	0.2900	0.0326
Cv%	27.16	17.37	11.68

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

5.4 Temperatura ° C del sustrato

En la figura (5) se muestra el resultado del análisis de temperatura, indicando que el tratamiento estiércol fresco con luz se mantuvo dentro del rango de 20 a 30 °C durante 9 de las 10 semanas evaluadas. Este comportamiento sugiere que es un tratamiento estable, el cual proporcione un ambiente térmico ideal para maximizar la tasa de descomposición, la producción de vermicompost y la tasa de reproducción de la lombriz. Además, en el gráfico se puede apreciar

las variaciones de disminución de temperatura en los tratamientos, debido al manejo que se dieron a los sustratos alimenticios con remoción y aireación.

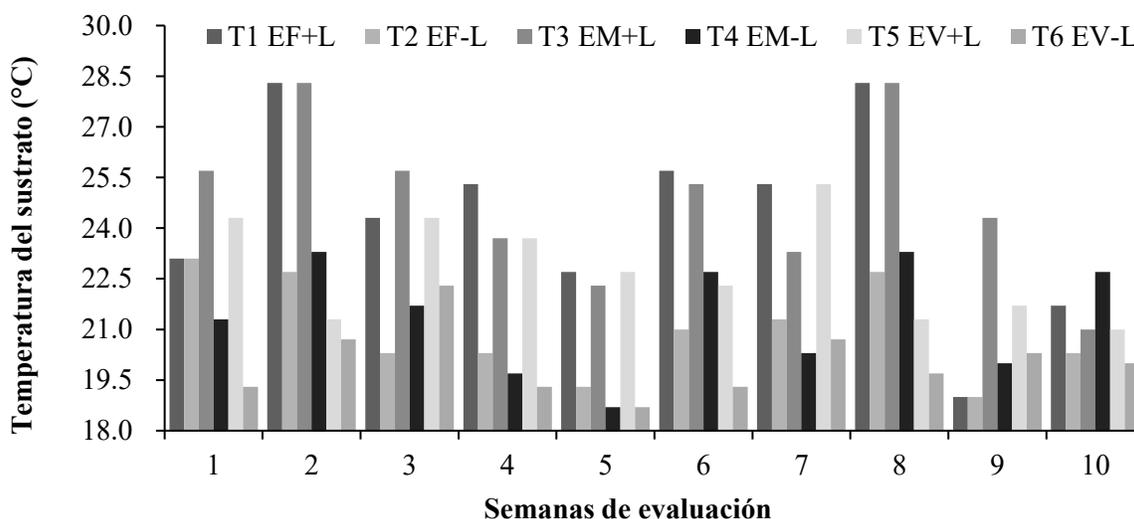


Figura 5. Temperatura del sustrato (°C)

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz, T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz.

Domínguez y Pérez-Losada (2010) en un estudio de comparación de *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* presentan diferencias en su comportamiento y adaptación a las variaciones ambientales, lo cual significa cambios en la actividad microbiana y la liberación de calor durante el compostaje. A medida que el sustrato orgánico se descompone, se genera un aumento inicial de la temperatura, seguido de una estabilización que indica la madurez del compost, este proceso refleja la interacción entre la biología de la lombriz y las condiciones ambientales, lo que resulta en la variabilidad térmica.

5.5 Evaluación del pH

En la Figura 6 se representa el resultado del análisis del pH mostrando la evolución promedio de los seis tratamientos a lo largo de las diez semanas. Se puede observar que el tratamiento estiércol maduro más luz muestra menor variabilidad en comparación con los otros tratamientos y se mantiene mayoritariamente dentro del rango de pH de 6.5 – 7.5 durante el periodo de estudio, este comportamiento indica que el estiércol maduro más la combinación del factor luz,

proporcione una estabilidad moderada del pH, lo cual es beneficioso para optimizar las condiciones de crecimiento, desarrollo de la lombriz y eficiencia en la descomposición del material orgánico.

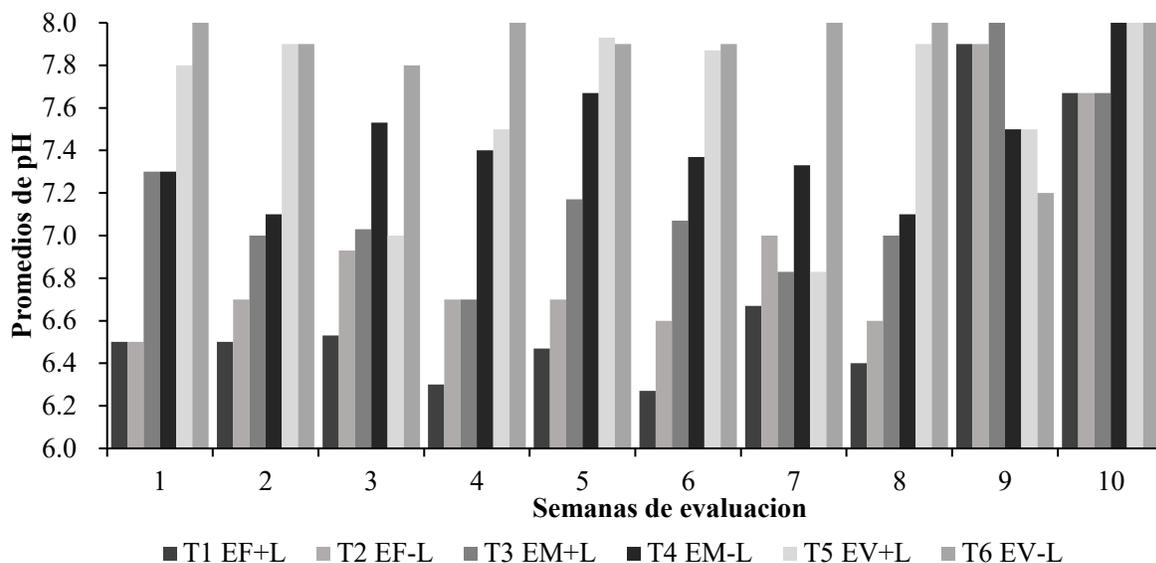


Figura 6. Promedios de pH, según ambiente y tipo de alimentación

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz, T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz

Rincones *et al.* (2023) afirma a través de su estudio que los valores del parámetro de pH se mantuvieron en rangos óptimos de 7,1-7,8, lo cual permite la actividad de microorganismos que se encargan de la descomposición de la materia orgánica y crea un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo de *Eisenia fetida*, siendo así el estiércol maduro con luz una combinación especialmente adecuada para mejorar los parámetros productivos de la lombriz roja californiana.

En el grafico (7) se representa la variación de humedad porcentual en las 10 semanas de evaluación para los seis tratamientos, se observa que los tratamientos estuvieron en rangos relativamente estables, oscilando principalmente en valores de 73 % y 89 %. Sin embargo, los tratamientos que presentaron un comportamiento más estable con menos fluctuaciones en comparación a los otros tratamientos son: Estiércol fresco más luz y estiércol envejecido más luz.

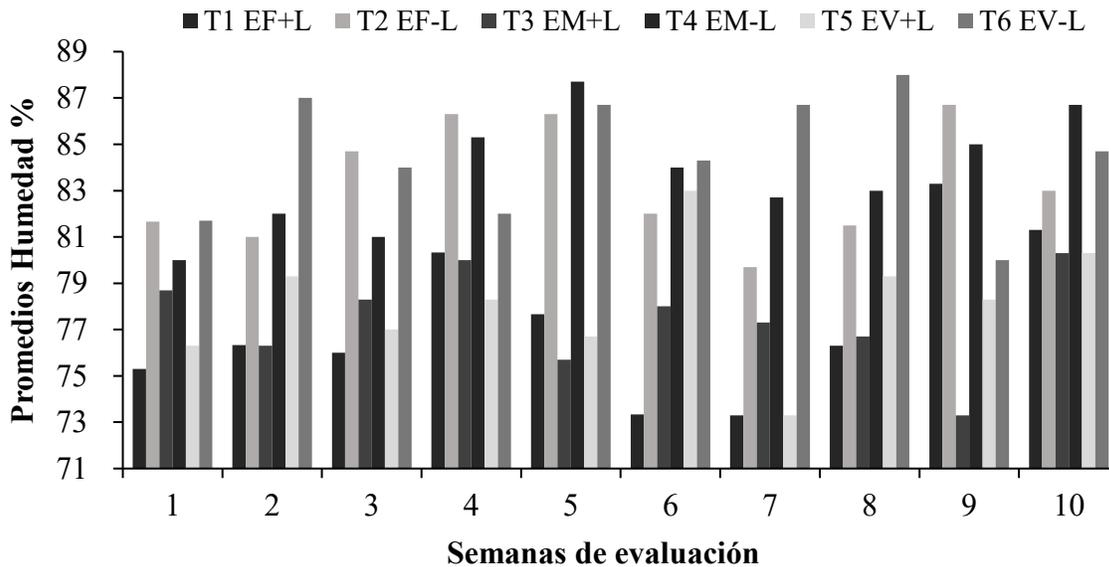


Figura 7. Promedios de humedad (%) según ambiente y tipo de alimentación

T1: Estiércol fresco con luz, T2: Estiércol fresco sin luz, T3: Estiércol maduro con luz, T4: Estiércol maduro sin luz, T5: Estiércol envejecido con luz, T6: Estiércol envejecido sin luz

El tipo de estiércol utilizado influye significativamente en la capacidad del sustrato para retener agua. Según Alvarado-Raya *et al.* (2007), el estiércol fresco tiende a retener más agua debido a su menor grado de descomposición, lo que puede resultar en una mayor variabilidad de la humedad, como se observa en los tratamientos EF+L y EF-L. Por otro lado, el estiércol maduro y estiércol envejecido tienen mejor estructura física que facilita una distribución más uniforme de la humedad.

Según Domínguez y Gómez-Brandón (2010) la humedad ideal para la especie *Eisenia fetida* se sitúa entre el 70 % y el 90 %, aquellos niveles de humedad por debajo de este rango causan deshidratación y muerte de las lombrices, mientras que niveles excesivamente altos pueden orientar a condiciones anaeróbicas, lo cual perjudica a la lombriz y la calidad del vermicompost.

VI. CONCLUSIONES

El tratamiento con estiércol envejecido en ausencia de luz (T6) alcanzó el mayor rendimiento, con 4.77 kg de humus en una cajilla en un área de 31 cm de altura, 50 cm de largo y 25 cm de ancho, evidenciando que esta combinación optimiza la eficiencia del proceso de producción de humus de lombriz en el lombricario.

La capacidad productiva por la especie (*Eisenia fœtida*) está influenciada por las condiciones ambientales en los parámetros evaluados, evidenciando que la condición de oscuridad favoreció en el desarrollo y producción de la lombriz.

VII. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos, se sugiere en el lombricario la utilización del estiércol envejecido en ausencia de luz, debido a su capacidad demostrada de generar resultados eficientes en la producción de humus y los parámetros productivos de la especie.

VIII. LITERATURA CITADA

- Arellano, X. B. (2022). *Dinámica de reproducción de Eisenia fetida l. Alimentadas con compost de estiércol equino y de estiércol bovino*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/137189>
- Alvarado-Raya, H. E., Salinas-Callejas, E., y Ortiz-Huerta, G. (2016). Peso fresco y calidad de nopalito (*Opuntia ficus-indica* L.) fertilizado con composta de estiércol de vaca. *Tecnociencia Chihuahua*, 10(1), 13-20. <https://revistascientificas.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/581/2439>
- Briceño, A. A. y Pérez, A. C. (2017). *Utilización del humus lombriz roja californiana (Eisenia foetida) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo de café, finca Santa Dolores, municipio el Crucero – Managua*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/3795/>
- Cabrera, J. (2006). Manual de lombricultura. Publicado por el Programa de Apoyo a la Estrategia de Desarrollo Alternativo en el Chapare PRAEDAC. Cochabamba Bolivia. Primera edición. p 14. https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro_787_MA-156.pdf
- Cajas Sánchez, S. F. (2009). *Efecto de la utilización de aserrín en la combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz (Eisenia foetida) lombriz roja californiana*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/2397>
- Clavería Cacheo, C. L. (2005). *Estudio de factibilidad para producir harina a partir de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) para ser utilizada en la elaboración de concentrados para animales en Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0943_Q.pdf
- Cerdas, C. M. (1996). *Potencial de la lombricultura: Elementos básicos para su desarrollo*. Lombricultura Técnica Mexicana.
- Compagnoni, y Putzolu, L. (2018). *Cría moderna de las Lombrizy utilización rentable del humus*. Editorial De Vecchi S.A. <https://books.google.com.ni/books?id=Ag9dDwAAQBAJ>
- Correa, L. D. e. (2019). “Efecto de la alimentación con estiércol animal en la densidad poblacional, peso y longitud de Lombrizroja californiana (Eisenia foetida) en el distrito de huacrachuco – Huánuco 2018”. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo]. Universidad Nacional “Hermilio Valdizán” <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Peso%20de%20Humus.pdf>
- Delgado, J. M. (2011). *El uso de la lombricultura en cultivos de ciclo corto y su incidencia en la conservación del suelo agrícola en el sitio punta y filo del cantón chone*. [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Equinoccial]. file:///C:/Users/usuario/Downloads/52682_1.pdf
- Domínguez, J., y Pérez-Losada, M. (2010). Eisenia fetida (Savigny, 1826) y Eisenia andrei Bouché, 1972 son dos especies diferentes de lombrices de tierra. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(2), 321-331. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372010000500024&script=sci_abstract
- Domínguez, J., y Gómez-Brandón, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*, 26(2), 309-320.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500023&lng=es&tlng=es.
- Durán, L., y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v33i2.6726>
- Fajardo, V. (2002). *Manual agropecuario* (1ª ed.). Edit Limerín.
- Ferruzzi, C. (1986). *Manual de Lombricultura*. Ediciones Mundi-Prensa México. <https://biblioteca.ecosur.mx/bib/27675>
- FIA. (2018). Humus de lombriz o vermicompost. Ficha técnica INIA.Chile <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/c7e269a5-db27-4aec-b6d4-ff0c9ed72d10/content>
- Fuentes Sánchez, M. E. y Hernández Granera, J. M. (2008). *Proyecto: utilización de Lombriz para la obtención de lombrihumus en el Municipio de Managua, Comarca Las Jaguitas*. [Diplomado, Universidad Autónoma de Nicaragua-León]. Repositorio institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4678/1/209230.pdf>
- Gastón López, J., Martínez, M. M., y Cordon Suárez, E. (2011). Evaluación de la eficacia de cuatro dietas alimenticias sobre el crecimiento, desarrollo y producción de abono de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). *Ciencia E Interculturalidad*, 2(2), 67–81. <https://doi.org/10.5377/rci.v2i2.573>
- González, D. A., Gómez, J.A., Martínez, A., y Sotelo, M.J. (2019). Lombricultura: proyecto pedagógico para buenas prácticas ecológicas para la conservación de nuestro planeta, en la granja experimental cica, Cimitarra - Santander. *CITECSA*, 1(3), 1-9. <https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/192/188>
- Hu, J., Zhao, H., Wang, Y., Yin, Z., y Kang, Y. (2020). Las estructuras de la comunidad bacteriana en respuesta al paso intestinal de la lombriz de tierra (*Eisenia fetida*) que se alimenta de estiércol de vaca y lodos domésticos: Análisis de datos basado en secuenciación de alto rendimiento de Illumina. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110149. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110149>
- Izquierdo, M. (2016). *Proyecto de Factibilidad en la Producción de Humus de lombriz y Compost con microorganismos eficientes para el agro en la provincia de Santa Elena*. [Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Agropecuaria]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5573>
- Lombrimadrid. (s. f.). Historia de la lombricultura desde la antigüedad hasta nuestros días. <https://lombrimadrid.es/lombricultura/historia-de-la-lombricultura/>
- López, J. G., Martínez, M. M., y Cordon Suárez, E. (2011). Evaluación de la eficacia de cuatro dietas alimenticias sobre el crecimiento, desarrollo y producción de abono de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). *Ciencia e Interculturalidad*, 2(2), 67-81. <https://doi.org/10.5377/rci.v2i2.573>
- Martínez, A. R. M. (2021). Efecto del estiércol bovino en diferentes etapas de descomposición en el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d126fa1e-0b61-40dc-bbf4-8adabd7a6d95/content>
- Mayorga, K. F., & Urey, D. S. (2015). *Evaluación de la reproducción de lombrices de tierra Roja Californiana (*Eisenia foetida*), Roja Cubana (*Eudrillus sp*) y características químicas del lombriabono con diferentes residuos orgánicos*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UNAN-

- Managua.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3488/1/228495.pdf>
- Medina, M. S, y Quezada, M. C. (2004). *Efecto del periodo de maduración del estiércol bovino sobre el comportamiento productivo de Lombrizrojas en la zona de camoapa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2717/1/tnl51m491.pdf>
- Montes, M. & Ruiz M. (2013). Manual para el Manejo de Instalaciones Lombrícolas. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria acuícola y Forestal del Estado de México ICAMEX. Administración Pública Estatal. Primera edición p 10 <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2013%20LOMBRICOLAS.pdf>
- Murguía, M. L., Mamani, B. C., Tancara, H. P., Tintaya, D. H., Osorio, I. C. y Palero, C. (2010). Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta y rumia bovinas como sustrato. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(4), 555-565. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n4/v1n4a8.pdf>
- Ramon, A. P., J. (2014). Compost de lombrices. Ediciones Mundi-Prensa. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rgMoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=A+que+se+debe+la+mayor+longitud+de+lombriz+roja+californiana+en+condicion+alimenticia+de+estiercol+envejecido+y+sin+luz+&ots=9pzKNmJD1s&sig=F5vdrBJfdFQjCJ_BLqtO39d_-Vw#v=onepage&q&f=false
- Raya, Pérez, M. (2010). *La lombricultura en el ámbito forestal*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://docplayer.es/108546837-La-lombricultura-en-el-ambito-forestal.html>
- Restrepo, E. A., Orrego, A. C. E., & Cardona, A. C. A. (2007). *Lombricultura* (1ª ed.). Manizales, Caldas, Colombia. <https://digital.fontagro.org/wp-content/uploads/2018/10/Lombricultura.pdf>
- Reyes, B. G. y Martínez Calle, N. X. (2008). *Producción y elaboración de harina de lombriz y elaboración de dos dietas utilizando este insumo como sustituto protéico de origen animal en alimentación de pollos de engorde*. [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/446>
- Reyes Pérez, G. B. (2024). Evaluación de la calidad del humus producido por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentada con diferentes sustratos orgánicos [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6812/1/Reyes%20P%C3%A9rez%20Ginger%20Brigitte.pdf>
- Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A., & Parra, C. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Información Tecnológica*, 34(2), 11-20. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011>
- Rojas Peña, M. (2005). *Producción de humus de lombriz roja californiana (eisenia foetia) elaborado con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de trinidad pampa – coripata*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <file:///C:/Users/usuario/Downloads/T-805.pdf>
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. FAO. <https://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Sánchez Reyes, C. (2003). *Abonos orgánicos y lombricultura*. Lima, Perú: Ediciones RIPALME <https://isbn.cloud/9789972977008/abonos-organicos-y-lombricultura/>

- Somarriba, R., y Guzmán, F. (2004). *Guía de lombricultura*. Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>
- Villamar, L. F.G. (2024). “*Análisis de crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*”. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16137/E-UTB-FACIAG-AGRON-000153.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Mapa del Centro Experimental de Validaciones Tecnológicas, Finca Las Mercedes



Anexo 2. Siembra del pie de cría



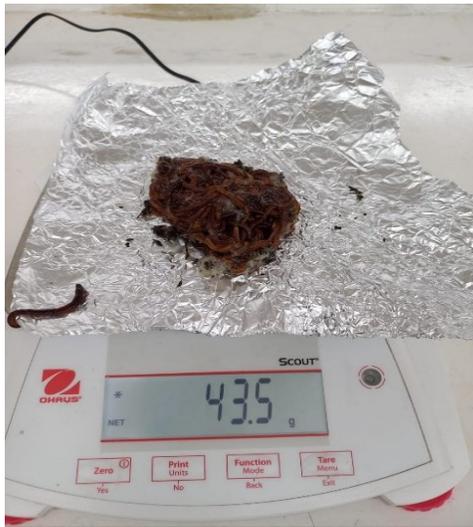
Anexo 3. Alimentación del pie de cría



Anexo 4. Cosecha del pie de cría



Anexo 5. Distribución de peso por tratamiento



Anexo 6. Siembra de lombriz en cajillas plásticas



Anexo 7. Toma de pH y Humedad



Anexo 8. Peso de humus sólido producido



Anexo 9. Formato de recolección de datos

Fecha	Hora	Tratamiento	Repetición	pH	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Observaciones
		T1	R1				
		T1	R2				
		T1	R3				
		T2	R1				
		T2	R2				
		T2	R3				
		T3	R1				
		T3	R2				
		T3	R3				
		T4	R1				
		T4	R2				
		T4	R3				
		T5	R1				
		T5	R2				
		T5	R3				
		T6	R1				
		T6	R2				
		T6	R3				

Anexo 5. Plano de campo

