

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Comparación del sistema de estructura en cemento con el de piso tierra,  
en la producción de lombricompostaje en la Finca Experimental Santa  
Lucía, Universidad Nacional, Barva, Heredia**

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Práctica Dirigida para optar por el grado de Licenciatura en  
Ingeniería Agronómica

**Estudiante**

Bach. César Agustín Herrera Castillo

**Tutor**

Dr. Eduardo Salas Alvarado

**Asesor**

M.Sc. Allan González Herrera

Campus Omar Dengo Heredia, Costa Rica, 2025

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía en modalidad de Práctica Dirigida.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



---

M.Sc. Walter Peraza Padilla

Representante del decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar



---

WMR.

Dr. Warner Mena Rojas

Representante del Director de la Escuela de Ciencias Agrarias

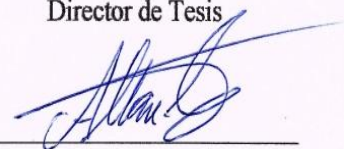


---

Eduardo Salas

Dr. Eduardo Salas Alvarado

Director de Tesis




---

Allan G.

M. Sc. Allan González Herrera

Asesor



---

César

Bach. César Agustín Herrera Castillo

Sustentante

## Dedicatoria

Este documento es dedicado a todas aquellas personas que trabajan y aún creen en una agricultura más amigable con el medio ambiente, con su esfuerzo podremos optar por cumplir los objetivos de la armonía humana y agrícola. También se dedica este trabajo a mi abuelo, abuela y madre los tres pilares que me forjaron para llegar hasta este nivel, y me han apoyado y aconsejado en momentos importantes, así como implantar el lema en mi mente como lo es; el seguir intentándolo para lograrlo.

## Agradecimientos

Le doy el más profundo agradecimiento a todas las personas que han tenido el deseo de superación hacia mi persona, a la UNA junto con su sistema catedrático que me ha formado como profesional, y a todas las personas de las cuales he podido aprender algo positivo, y que hace que mejore como ser humano cada día más.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. JUSTIFICACIÓN .....	15
3. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA .....	18
3.1. Objetivo general .....	18
3.2. Objetivos específicos .....	18
4. MARCO CONCEPTUAL .....	19
4.1. Breve historia de la lombricultura .....	19
4.2. Hábitat de la lombriz .....	20
4.3. Taxonomía de la lombriz .....	21
4.4. Característica de la lombriz roja californiana .....	23
4.5. Reproducción de la lombriz roja californiana .....	23
4.6. Funciones asociadas de la <i>E. foetida</i> , en el procesamiento de lombricompost.....	24
4.7. Métodos de producción de lombricompostaje .....	26
4.9. Características favorables del abono de lombriz.....	30
4.10. Planificación de la unidad de lombricultura .....	32
4.11. Sustrato para el lombricultivo .....	33
4.12. Enemigos y Enfermedades de las lombrices.....	36
4.13. Características físico, químicas y microbiológicas del abono de lombrices.....	38
4.14. Recolección del humus .....	39
5. METODOLOGÍA .....	40
5.1. Caracterización del ámbito de ejecución de la práctica .....	40
5.2. Instalación de los lombricarios en la finca experimental Santa Lucía .....	41

5.3. Marco cronológico.....	42
5.4. Recursos de la investigación .....	43
5.5. Instrumento de Recolección de Datos .....	44
5.6. Desarrollo de la práctica dirigida a nivel de campo .....	45
5.7. Recolección de muestras al azar del lombríbono para análisis de laboratorio .....	49
5.8. Costos de producción de cada sistema de lombrícola .....	51
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
6.1. Resultados .....	52
6.2. Discusión.....	61
7. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	68
8. REFERENCIAS.....	70
9. ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Lombriz roja (Eisenia foetida) adulta</i> .....	22
Figura 2. <i>Eisenia foetida adulta apareándose</i> .....	24
Figura 3. <i>Anatomía interna y externa de la lombriz roja</i> .....	25
Figura 4. <i>Sistema de producción de abono de lombriz en cielo abierto con geo membranas</i> .....	28
Figura 5. <i>Sistema de producción de abono de lombriz en cielo abierto y cama tipo montículo</i> .....	29
Figura 6. <i>Representación visual del estado de la materia orgánica en función a los lechos de cultivo de lombrices, y su actividad</i> .....	30
Figura 7. <i>Representación gráfica del ciclo de vida de la lombriz roja californiana</i> .....	32
Figura 8. <i>Prueba de campo, medir la humedad del suelo o sustrato al tacto</i> .....	36
Figura 9. <i>Ubicación geográfica, lugar donde se llevará a cabo la investigación</i> .....	41
Figura 10. <i>Sustrato con alimento aun sin descomponerse y sin ser procesado por las lombrices</i> .....	46
Figura 11. <i>Sustrato totalmente oscuro y procesado por las lombrices</i> .....	47
Figura 12. <i>Esquema de los métodos de lombricultura a comparar</i> .....	49
Figura 13. <i>Imagen representativa de muestreo al azar</i> .....	50
Figura 14. <i>Conteo de lombrices (adultos) según lombricario</i> .....	55
Figura 15. <i>Conteo de lombrices (adultos más juveniles) según lombricario</i> .....	55
Figura 16. <i>Estructura de piso de cemento</i> .....	56
Figura 17. <i>Imagen representativa la estructura de piso de cemento. Vista de frente</i> .....	57
Figura 18. <i>Sistema de piso de tierra. Vista de costado</i> .....	57
Figura 19. <i>Imagen representativa de la estructura de piso de tierra. Vista de frente</i> .....	58
Figura 20. <i>Logaritmo en base 10 de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de lombricompost de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, actinomicetos y hongos según piso de cemento o de tierra del lombricario</i> .....	59
Figura 21. <i>Datos históricos de temperatura promedio en Heredia 2024</i> .....	62



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Rasgos característicos de la <i>E. foetida</i> , lombriz roja californiana. ....	23
Tabla 2. Unidades Rango de lombricomposta maduro .....	31
Tabla 3. Características físico, químicas y microbiológicas del abono de lombrices.....	38
Tabla 4. Cronograma de la ejecución de la investigación.....	43
Tabla 5. Recursos de la investigación .....	44
Tabla 6. Bitácora de conteo de lombrices en sistema de lombricompostaje tanto en piso de cemento como en piso de tierra 2024.....	53
Tabla 7. Conteo microbiano de lombricompostaje tanto en cemento como en piso de tierra.....	59
Tabla 8. Costos del sistema .....	60

## RESUMEN

La presente práctica dirigida tuvo como objetivo comparar el consumo de una lombricompostera en piso de tierra contra piso de cemento con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que realiza la Finca Experimental Santa Lucía, de la Escuela de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional. Para la alimentación de las lombrices se utilizaron los residuos generados en el Campus Omar Dengo de la Universidad Nacional y el estiércol de la lechería de la Finca Experimental. La proporción de ambos tipos de residuos orgánicos fue de 1:1 (verduras y frutas a estiércol). Se comparó ambos sistemas en los siguientes aspectos: la cantidad de residuos orgánicos procesados por las lombrices, el número de microorganismos al final de la práctica en las lombricompostas, los costos económicos de las instalaciones de ambos sistemas. Como resultados obtenidos en la práctica se determinó que ambos sistemas procesaron la misma cantidad de residuos orgánicos en un lapso de 2 meses, posterior a eso el sistema de tierra decayó y se modificó para poder terminar la práctica que duro 3 meses; los análisis microbiológicos demostraron que hay más actividad microbiana en el lombricompost obtenido en piso de tierra y; los costos de las instalaciones fueron superiores en el lombricario de piso de cemento por su estructura elaborada, representando un costo inicial de seis millones sesenta y tres mil doscientos colones (¢6,063,200.00) contra un setecientos veintisiete mil doscientos colones (¢727,200.00) de la estructura en piso de tierra. Por tanto, es sugerido considerar el manejo de la lombriz roja californiana, para procesar residuos orgánicos de la Universidad Nacional en piso de tierra como alternativa a la producción de piso de cemento.

*Palabras clave: Conteo microbiano, conteo de lombrices, costos de sistema de piso de tierra, costo de sistema de piso de cemento.*

## ABSTRACT

This guided experiment aimed to compare the consumption of red wiggler worms (*Eisenia foetida*) in a vermicomposter on a dirt floor versus a cement floor at the Santa Lucía Experimental Farm, part of the School of Agricultural Sciences at the National University. The worms were fed with waste generated at the Omar Dengo Campus of the National University and manure from the dairy farm at the Experimental Farm. The ratio of both types of organic waste was 1:1 (vegetables and fruits to manure). The two systems were compared in the following aspects: the amount of organic waste processed by the worms, the number of microorganisms at the end of the practice in the vermicomposts, and the economic costs of the facilities of both systems. The practical results showed that both systems processed the same amount of organic waste over a period of two months. After that, the soil system declined and was modified to complete the three-month experiment. Microbiological analyses demonstrated greater microbial activity in the vermicompost produced in the soil system. Installation costs were higher for the cement-floor vermicomposting system due to its more complex structure, representing an initial cost of six million sixty-three thousand two hundred colones (¢6,063,200.00) compared to seven hundred twenty-seven thousand two hundred colones (¢727,200.00) for the soil-floor system. Therefore, it is suggested that the management of California red worms be considered for processing organic waste at the National University in a soil system as an alternative to cement-floor production.

*Keywords:* Microbial count, worm count, earth floor system costs, cement floor system costs

## 1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actualmente, está experimentando un constante cambio ideológico, de comportamiento, industrialización y una urbanización acelerada; la población en general, es más consumista, tanto de bienes, como de servicios; lo que trae como resultado, ejercer sobre el planeta, una mayor presión, para poder satisfacer las demandas de nosotros como sociedad. La sobre explotación de sus recursos y la acumulación de desechos de nuestro rápido consumo y acelerado crecimiento, requieren de mucho tiempo para descomponerse, y complican el concepto de "sostenibilidad ambiental" (Blanco, 2023).

Lo anterior, se refiere a la disminución de los bosques, y recursos naturales, e inclusive acercándonos a nuestra experiencia, si recordamos unos treinta años atrás, era usual en el área metropolitana, aún, encontrar fincas, y que cada hogar de la ciudadanía tenía su patio con plantas, que inclusive, servían para el consumo diario, y los mismos animales domésticos se encargaban de aprovechar algunos desechos orgánicos; la estructura urbanística actual, caracterizada por estructuras verticales, carece de plantas, y espacios abiertos, lo que por supuesto deja una huella en el ecosistema.

Sobre lo mismo, como se mencionó anteriormente, el consumismo va en aumento, y el comportamiento de algunas personas es percibir una necesidad, cada año, adquirir lo nuevo y lo último que ofrece el mercado, ya sea, teléfono celular, automóvil, auriculares, computadora, porque es el más moderno, lo que por supuesto, se refleja en más desechos y desperdicios, que se deben tratar y procesar, y tardan años en descomponerse; el problema radica en que, ya no hay espacio en los rellenos sanitarios e inestabilizan la sostenibilidad ambiental.

Según el Ministerio de Salud (2023), en el año 2020: “Los costarricenses produjeron un total de 1.459.288 toneladas de residuos ordinarios, aumentando un 8% en comparación con el 2019. (...). Las tres principales provincias con mayor generación de residuos ordinarios fueron San José (...), Alajuela (...) y Heredia (...)” (sp).

Esta subida de un 8.5%, de desechos orgánicos, no es nada despreciable, tomando en cuenta, que es la documentación de un solo año, y plasma como, una necesidad urgente, otras metodologías para procesar los desechos orgánicos, tales como el uso de lombricompostaje.

De hecho algunos autores sostienen, que la producción de residuos en el país es proporcional; cada individuo genera en promedio de 0.8 kilogramos de desperdicios, entonces como país, producimos una cantidad equivalente a 300 autobuses diarios en peso al día (Fernández, 2020). Estas cifras son de hace cinco años, entonces al día de hoy, hay una mayor cantidad de residuos, debido al aumento de la población a nivel nacional y todo lo discutido anteriormente.

Además, como se verá más adelante en la justificación de esta práctica, ya los rellenos sanitarios no son suficientes para la cantidad de desechos generados, no dan abasto, y en parte es, por que no se están procesando los desechos orgánicos, mediante lombricompostaje como se quiere estimular y proponer en el presente trabajo.

Esta práctica dirigida se enfoca en desarrollar una técnica o forma de procesar la materia orgánica de desecho de la institución, mediante la lombricultura con base de piso de tierra (tipo montículo), y tomar como opción provechosa la extensión de terreno que la Finca Experimental Santa Lucía tiene, para producir lombricomposta a menor costo, utilizando la especie *Eisenia foetida*. Con esto se ofrece como alternativa a lo establecido en la Finca Experimental de la Universidad Nacional de Costa Rica, sede en Santa Lucía de Barva, para gestionar la totalidad de residuos orgánicos generados por la institución y, además, acercarse a cumplir con la ley 8839.

Se presenta inicialmente; la justificante del trabajo a nivel Nacional, conduciendo de manera específica a la problemática evidenciada en la Finca Experimental Santa Lucía en Barva de Heredia, por supuesto, haciendo énfasis a la importancia social, ambiental, económica y política.

Posteriormente se exponen los objetivos, tanto general como específicos, continuando con el marco conceptual, donde se inicia hablando de manera breve, sobre la historia del lombricompostaje, se explican además las generalidades de la lombriz roja californiana; y también se describen los distintos métodos de lombricompostaje.

De igual forma, en el marco conceptual se incluyen las características favorables del abono de lombriz, el modo de realizar la planificación de la unidad de lombricultura, se define el sustrato para el lombricultivo, se enmarcaron los enemigos y enfermedades de las lombrices; también se mencionan las características físico, químicas y microbiológicas del lombricompost, y como se recolecta el mismo.

Seguido a ello, se presenta la metodología aplicada en este proyecto, se delimita las zonas geográficas donde se llevó a cabo; se definen las características de las instalaciones de los lombricarios, la duración de la actividad, y el método de recolección de las muestras de lombricompost basadas en la recolección al azar, su análisis en el laboratorio, mecanismo de evaluación y se explica de manera detallada los pasos citados anteriormente en el trabajo de campo. También se elabora el estudio económico de ambos sistemas de lombricarios.

En la sección de resultados, se exponen estos, de acuerdo con los objetivos específicos, realizando, una discusión de los mismos a través del conteo de lombrices adultas y juveniles en el tiempo, tanto en piso de tierra como de cemento, igualmente, se realizó el conteo microbiológico del lombricompostaje y la comparación de los costos de cada sistema. Finalmente se realizó, las recomendaciones evidenciadas durante el lapso que duro esta práctica y las respectivas conclusiones del este trabajo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La generación de desechos de las personas, actores tanto urbanos como rurales, ha ido creciendo exponencialmente, debemos incluir también como partícipes de todo esto, a empresas e instituciones. La gestión ineficiente de los residuos implica grandes problemáticas en los ámbitos ambiental, económico y social, algunas instituciones y lugares como: comedores escolares, hospitales, parques nacionales, CENADA, ferias del agricultor, sodas y restaurantes, actividades pecuarias y agroindustriales; generan cantidades muy significativas que no le están dando un adecuado procesamiento.

Sobre lo mismo, las municipalidades recolectan el 78% de los residuos, lo que equivale a 3120 toneladas (...) que producimos todos los días, (...) el restante 22% de los residuos, (...) se desconoce su paradero, (...) el principal destino de las casi 900 toneladas que no son recolectadas por las municipalidades es que se entierran, queman, se botan en un lote baldío o terminan en quebradas, ríos y océanos (Fernández, 2020, párra. 4).

Como se mencionó, hay un deficiente servicio de recolección de la basura, muchos no son depositados en rellenos sanitarios ni vertederos; principalmente en las áreas rurales, por su ubicación alejada e infraestructura vial deplorable, lo que según Fernández (2020) es equivalente a una cuarta parte de los residuos generados.

Otros autores como Herrera et al. (2016) también comparten esta idea, además agregan, que no hay un plan regulador para el tratamiento de los desechos, esto tiene como raíz la poca o nula educación ambiental básica (centros educativos) de la población, poco compromiso gubernamental y casi nulo incentivo a la gestión, transformación, reciclado, y reutilización de los residuos de todo tipo, en el país.

Este problema, aumenta como bola de nieve, al llenarse los rellenos sanitarios, valga la redundancia, con más basura y no tratarla, que conlleva a una disminución de su tiempo en uso, y finalmente su cierre técnico, es aquí donde gana importancia un plan regulador para los desechos orgánicos, como el uso de lombricultura, que es un método sencillo.

De hecho, la mayoría de basura puede ser utilizada para el lombricompost, en la publicación de Herrera et al (2016); desglosa la composición de los residuos en general. En cuanto a la generación y caracterización de residuos en los cuatro municipios del GAM analizados se presentan como componentes mayoritarios: orgánicos 55,9%, seguidos de materiales con alto potencial para ser reciclados o utilizados como combustibles (plásticos 10,2%, papel y cartón 10,4%) ( p.258).

Entonces, más de la mitad de los desechos se pueden compostear, mientras que la tercera parte son valorizables, reutilizables con un adecuado reciclaje, y de esta forma aproximadamente, solo una décima de los residuos se depositarían en vertederos; mitigando el impacto medio ambiental y otorgando mayor vida útil a estos basureros municipales.

Volviendo al problema la Universidad Nacional de Costa Rica, también es partícipe en la generación de residuos de toda clase, pero enfocado a los residuos orgánicos mayoritariamente generados por las distintas sodas de los campus, contenedores de residuos y por la misma Finca Experimental Santa Lucía, que no tiene un sistema optimizado en el procesado y gestionado de residuos.

Lo anterior, lo confirma Barrientos (2010), donde menciona que los residuos orgánicos de la Universidad Nacional, no son tratados de manera óptima y eficaz en su totalidad; el principal obstáculo es logístico, hace referencia a que el programa de gestión ambiental no considera la existencia y traslado de los residuos orgánicos generados por la Universidad Nacional de Costa Rica para su procesamiento.

En vista de la problemática actual que atraviesa la misma universidad, sobre la capacidad para gestionar el manejo de los residuos orgánicos y promover una solución regional (tanto en Campus Heredia centro como en la FESL), que ayude a la institución a acercarse más a cumplir con la Ley 8839 (Ley para la Gestión Integral de Residuos), la lombricultura se vislumbra como una biotecnología prometedora que impactaría positivamente a la institución.

Como justificación de este trabajo, tendría un impacto positivo en el ámbito social, ya que la lombricultura ayudaría a concienciar y educar a las personas dentro y fuera de la institución, sobre el uso adecuado de sus residuos y sus consecuencias.

Como plan piloto, la universidad actuaría como modelo para la posible réplica en el sistema de tratamiento de residuos orgánicos a lo largo y ancho del país, generando empleo, bienestar en las comunidades y los trabajadores.

Y en el ámbito político, las municipalidades podrán tomar referencia de esta práctica para cambiar su visión y ejecución en el sistema actual de recolección de los residuos, y su disposición en los rellenos sanitarios. Todo con el idea de transformar un problema nacional en un recurso positivo cumpliendo la ley 8839 mencionada anteriormente.

El lombricompost puede reflejar un beneficio, primeramente ambiental, pero además sociales, ya que la sociedad vería disminuido los efectos de la acumulación de basura (calentamiento global, deshielo polar, la contaminación de ríos y mantos acuíferos, efecto invernadero, destrucción de los ecosistemas, degradación del suelo), en el ámbito de la salud (se disminuiría enfermedades infecciosas por proliferación de vectores, efectos respiratorios y cardiovasculares asociado a gases tóxicos y partículas finas), en el área económica (pérdida de oportunidades por una mala imagen para el turismo e inversión, ahorro en el gasto por enmiendas agrícolas, nuevas oportunidades laborales).

### 3. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

#### 3.1. Objetivo general

Comparar la eficiencia del consumo, pesando los residuos orgánicos procesados por la lombriz *Eisenia feotida* en lombricario con piso tierra (tipo montículo), respecto al de estructura de cemento, utilizando los residuos generados en el Campus Omar Dengo de la Universidad Nacional de Costa Rica

#### 3.2. Objetivos específicos

1. Comparar el número estimado de lombrices (todos los estadios) que hay entre el sistema de piso tierra (tipo montículo) con respecto a la estructura de cemento, después de 3 meses de lombricompostaje.
2. Realizar un conteo microbiológico (actinomicetos, bacterias aeróbicas y anaeróbicas), de los abonos orgánicos producidos por ambos sistemas (piso tierra versus cemento).
3. Determinar el método de lombricompostaje más económico mediante un estudio detallado de costos de producción de ambos sistemas (piso de tierra y cemento).

## 4. MARCO CONCEPTUAL

La lombricultura en términos generales es un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de los residuos orgánicos mediante la crianza de lombrices en cautiverio, el cual tiene como objetivo inmediato la producción de lombricompost, de gran valor en sectores como la jardinería, la agricultura familiar y comercial, reduciendo la huella carbono.

Adicional a lo anterior, Reines et al (1998) refieren, que “la lombricultura además de producir abonos orgánicos básicos en la nutrición de los cultivos, tiene potencial como fuente de materia prima en la industria alimenticia animal y la cosmética” (p.8).

La lombricultura tiene un enfoque ecológico de reciclaje de la materia orgánica, usando diferentes sustratos, por ejemplo: Excreta bovina, frutas y verduras, desperdicios industriales. Actualmente tiene un enfoque tecnológico, por los fenómenos microbiológicos y bioquímicos que ocurren en el proceso de fermentación de la alimentación de las lombrices; y un enfoque económico solucionando problemas ambientales a bajo costo (Mohite et al, 2024).

En esta etapa, es importante plasmar las características de las lombrices que se emplearon, su manejo y sus parámetros de vida, para lograr entender el uso y la aplicación del sistema propuesto en esta práctica. Facilitando la interpretación de los datos obtenidos en las etapas posteriores de este trabajo.

### 4.1. Breve historia de la lombricultura

La lombricultura y los diferentes tipos de lombrices descubiertos a nivel mundial, se han venido estudiando desde hace mucho tiempo, dado que han sido de interés, por su aporte en los suelos y campos de la agricultura mundial. En el tema de la agricultura orgánica, desde antaño ha tomado mucha relevancia, puesto que estos seres han sido fundamentales para la reintroducción de la biomasa generada por la actividad agrícola e industrial.

Con respecto a lo anterior, se puede asegurar:

El surgimiento de las lombrices fue hace 700 millones de años en el periodo del precámbrico (...) el filósofo Aristóteles declaró que las lombrices ayudan a mejorar la fertilidad del suelo y además los decretó como los intestinos de la tierra. A partir de la edad antigua egipcia (...) creían que la productividad en el río Nilo se debía a los organismos de esta especie en sus profundidades (...) durante la época del año 1881 Charles Darwin identificó que las lombrices elaboran un manto de suelo con sus excretas y escribió un libro en el que explicaba la función de las lombrices en los sistemas edáficos (Rubio, 2023, p.17).

La vermicultura como actividad agrícola, capaz de mejorar los suelos, a través de la producción inicial de abonos, se documentó como práctica a partir de 1936, como se puede evidenciar a continuación:

El proceso de la lombricultura lo empezó a poner en práctica el Dr. Thomas Bonet en el año 1936, su propósito fue ocuparse en la agricultura para colaborar en el mejoramiento y conservación de los suelos con la cooperación de las lombrices. En Norteamérica en 1947, se emprendió el manejo y cría de las lombrices por Hugn Carter (...) (Rubio, 2023, p.17).

#### **4.2. Hábitat de la lombriz**

Una forma en la que podemos categorizar el hábitat de las lombrices terrestres, es según la profundidad donde se localizan, esto nos dice mucho sobre su forma de alimentarse; así por ejemplo tenemos las que prefieren, los primeros centímetros del suelo (lo que comúnmente en agricultura se define como capa arable) son lombrices que pueden consumir vorazmente lodos, material orgánico fresco; y las lombrices que se mantienen a niveles más profundos son menos consumidoras de residuos.

Los autores como León (2013) y Rhonda (2021), también mencionan las categorías de las lombrices terrestres de acuerdo con sus hábitos de vida y de alimentación, sus clases son las siguientes: Lombrices epigeas, habitan espacio más superficial de los terrenos, donde por lo

general hay mucha cantidad de material orgánico depositado y del cuál ellas se alimentan; las lombrices anécicas, su conducta es moverse desde la superficie hacia el interior, en sentido vertical penetrando el suelo y colaborando en el mezclado de los materiales adyacentes; y por último las lombrices endógenas, donde su zona de vida son las capas más profundas del suelo, estas comen poca cantidad de materia orgánica.

De estas tres categorías, la que tiene mayor interés para el consumo de material orgánico, son las epigeas, y son empleadas en actividades de lombricompostaje alrededor del mundo.

#### **4.3. Taxonomía de la lombriz**

Una de las lombrices epigeas, que ha sido ampliamente usada en proyectos de lombricompostaje es, la roja californiana, utilizada en esta práctica, su clasificación taxonómica según Rubio (2023) es la siguiente:

Reino: Animal

Tipo: Anélido (cuerpo anillado)

Clase: Oligoqueto

Orden: Opisthoro

Familia: Lumbricidae.

Género: *Eisenia*.

Especie: *E. foetida*.

En la figura 1, se muestra la especie descrita según la clasificación taxonómica:

**Figura 1**

*Lombriz roja (Eisenia foetida) adulta*



*Nota.* Adaptado de *Individuos adultos de lombriz Roja california*, de Rubio (2023).

#### 4.4. Característica de la lombriz roja californiana

Las características que se identifican en la lombriz *Eisenia foetida*, las podemos evidenciar en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Rasgos característicos de la E. foetida, lombriz roja californiana.*

Característica	Descripción
Color	Rojo fresa en condiciones favorables
Longitud en período adulto	Entre 11 a 13 centímetros
Grosor	4 a 5 milímetros
Aparato bucal	Probóscide sin dientes
Estructura corporal	Cilíndrico, anillado y presenta de 120 a 175 segmentos, y está recubierta de una fina cutícula
Método de respiración	Mediante la epidermis
Aparato circulatorio	Provisto de cinco pares de tubos musculares (corazones)
Método de apareamiento	Hermafroditas, sin embargo son incapaces de auto fecundarse, para reproducirse se acoplan a otra lombriz en una posición paralela en sentido inverso (ver figura 2).

*Nota.* Adaptado de “Guía de lombricultura” Somarriba & Guzmán (2004)

#### 4.5. Reproducción de la lombriz roja californiana

La reproducción de la lombriz roja californiana, solo se da, en el período de la adultez, según Somarriba & Guzmán (2004), las lombrices llegan a su estado adulto y madurez sexual a los 3 meses, ensanchándose el clitelo o cinturón genital.

La procreación de la *E. foetida* (ver figura 2), como se dijo anteriormente, aunque son hermafroditas, requieren un acople paralelo entre dos lombrices distintas en sentido opuesto,

órgano sexual femenino con órgano sexual masculino, para lograr la fertilización y una posterior producción de huevecillos (cocones) en cada individuo.

## Figura 2

*Eisenia foetida* adulta apareándose



Nota. Adaptado de *Guía de Lombricultura* (p. 45), por Martínez et al (2003).

Posterior al acto sexual se da la liberación de los cocones, que se refiere a los capullos que contienen los descendientes de las lombrices adultas, al inicio se observan de color blanquecino, luego se tornan de verde amarillento, y por último de verde rojizo, esto ocurre en un promedio de incubación entre 14 a 21 días, saliendo de cada cocón una cantidad entre 1 a 11 descendientes (Flores, 2025).

### 4.6. Funciones asociadas de la *E. foetida*, en el procesamiento de lombricompost

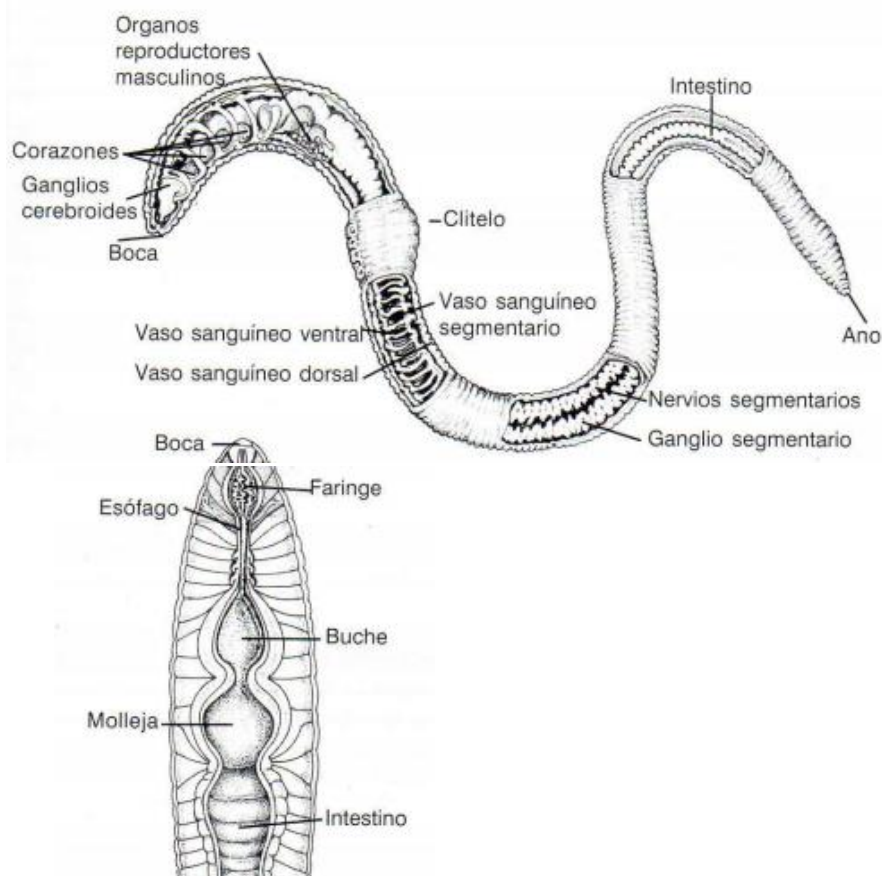
Como es conocido, el pH de la tierra donde se plantan los cultivos debe estar balanceado, por ello gana importancia una de las características de la lombriz, que es la glándula calcífera; esta estructura estabiliza los sustratos (el medio donde viven).

Las glándulas calcíferas más conocidas como glándulas de Morrén son órganos especiales que produce carbonato de calcio, y ayudan a controlar el pH, e inhibe ciertos hongos y bacterias presentes en los sustratos orgánicos que consume (Somarriba & Guzmán, 2004).

En la figura 3, se muestra la anatomía en forma gráfica sobre la especie:

### Figura 3

#### *Anatomía interna y externa de la lombriz roja*



*Nota.* Adaptado de *Guía de Lombricultura* (p.43), de Martínez et al, (2003).

Otro aspecto fundamental, es el peso anatómico, en la adultez logran tener un peso de entre 0.8 a 1 g, con capacidad de ingerir diariamente el 100% de su peso vivo en materia orgánica en descomposición, y de lo consumido por ellas pueden excretar hasta el 60% como lombricompost (Somarriba & Guzmán, 2004).

Esto quiere decir, que si tenemos una cantidad por ejemplo; de 1 kg de lombrices, a las cuales se les ofrece 1 kg de residuos orgánicos, podemos esperar obtener unos 600 gramos de lombricompost, en un lapso de 1 día, entonces en 1 semana generaría 4,200 gramos.

#### **4.7. Métodos de producción de lombricompostaje**

El método de producción se refiere, a la manera en que genera un bien o servicio, en este caso el vermicompost, para poder desarrollar la lombricultura a cualquier nivel, es necesario conocer sobre las características de las lombrices mencionadas en el apartado anterior, y adaptarlas al sistema productivo que se tenga a mano.

Se puede producir abono de cualquier fuente orgánica, pero lo más recomendable es utilizar los recursos más cercanos y accesibles. Al considerar la cantidad de residuos que genera el sistema, se podrá determinar algunos aspectos como, área a utilizar para este fin, mano de obra necesaria, logística si es aplicada, e imprescindible, el número de lombrices, estos puntos ayudan a obtener un buen plan de desechos biodegradables.

Además como dato de interés, si se utilizan los residuos verdes, aportan nitrógeno y los residuos secos, carbono. Y si solo cuenta con estiércoles, no hay ningún problema, igual se puede hacer abono, ya que, la lombriz come todo tipo de residuos (C. Martínez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2024).

##### **4.7.1. Opción 1. Cría doméstica**

A nivel familiar o doméstico, la lombricultura puede ser empleada tanto en el exterior e interior de los hogares, por ende requiere una pequeña área para emplearse; al aprovechar los desperdicios biodegradables e incorporarlos en el jardín. “Por lo general se realiza mediante el uso de cajones, obteniendo una producción continua de abono; su sencillez evita una preparación previa cuando se empieza a ejecutar la lombricultura” (Restrepo et al, 2007, p.24).

Lo útil en este nivel, es que se puede desarrollar la práctica de la gestión de residuos, sin instrumentos elaborados, permitiendo ser ejecutado por niños y adultos, logrando una conexión con la madre tierra, sensibilizando sobre la gestión de desechos, desde las comunidades.

#### **4.7.2. Opción 2. Cría de producción intensiva**

Esta se trata del manejo, a volúmenes considerables (más de 500 kg de residuos) en desechos orgánicos y originando grandes cantidades de abono, para proceder en la comercialización de este bien y generar empleo a su paso.

Es destacable, que cuando se trata de producción intensiva, se debe considerar minuciosamente, la reproducción del pie de cría, esta mantiene la actividad en operaciones continuas. El uso de sacos de plástico, puede lograr estabilidad numérica del pie de cría, además mantiene un nivel de confort en temperatura y humedad para las lombrices, por lo que facilita el trabajo.

A este nivel de explotación lo que se busca, es la comercialización de abono de lombriz, y su generación de empleo; para este caso, se puede lograr en condiciones al aire libre o bajo techo, siempre que se tenga presente el área a utilizar como lo comenta Fajardo & Clara (2011) a continuación:

Es necesario un terreno que cumpla con una entrada para camiones, un área de al menos 2500 metros cuadrados, y los perímetros de la propiedad deben ser cercados, considerar el 50% del terreno destinado para los lechos, estos deben tener una pequeña inclinación para evacuar excesos de líquidos y una toma de agua que no sea salubre (p.13).

Podemos notar que este sistema de cría, debe seguir parámetros industriales más extractos, cuenta con sistemas de drenaje en caso de excedentes de agua; con cierto grado de inclinación, y hasta una limitación perimetral del mismo que conlleve al éxito de la actividad. Se debe aclarar que el agua a manejar no debe ser salubre para no afectar a las lombrices con cloro.

Siguiendo con algunas cualidades del sistema, a mayor volumen de residuos ofrecidos a las lombrices, se debe realizar una etapa previa al lombricompostaje, la cual es crucial en el porvenir de todo el resto de la producción, esta se refiere al pre - composteado, ayudando a estabilizar algunos parámetros, que las fuentes de residuos pueden contener fuera rango idóneo, y así no afectar a las lombrices al momento de ofrecer esta comida (Flores, 2025).

En la figura 4. se puede ilustrar una forma de cría industrial que produce el lombricompost con el uso tecnológico de un material llamado geo membrana (plástico Layner calibre 1200), este componente es flexible otorgando una accesibilidad en el montaje de las camas de lombrices, con una vida útil de años, siendo duradero, y para darle rigidez se usa un bastidor de acero inoxidable (Ruíz Morales, 2011).

#### **Figura 4**

*Sistema de producción de abono de lombriz en cielo abierto con geo membranas*



*Nota.* Adaptado de *Lombricultura* (p.6), de Moreno (sf).

#### **4.8. Tipos de bases utilizadas en la investigación**

##### **4.8.1. Cemento**

La cama de cemento utiliza estructuras cimentadas, por lo general se utiliza en cría intensivas, aportando mayor control sobre el sistema, dándole un aislamiento, lo que permite ofrecer una humedad continua, según el Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (2022), el cemento constituye una barrera protectora que impide que insectos indeseados, roedores u otras plagas tengan acceso directo a la materia orgánica.

##### **4.8.2. Tierra**

El modelo de lombricultura en piso de tierra, es realizar la explotación de los lechos al aire libre y sin tener ningún tipo de cubierta. Este se trata de poner los desechos orgánicos frescos sobre

el suelo, donde está dispuesto en filas separadas que faciliten el suministro de alimentos, y sin ningún tipo de estructuras, que encarecen económicamente el sistema productivo; por lo general en esta actividad productiva se destina, la mitad del espacio disponible a los lechos (Fuentes, 1987).

Esto se puede ver en la figura 5, de manera representativa

### **Figura 5**

*Sistema de producción de abono de lombriz en cielo abierto y cama tipo montículo*



*Nota.* Adaptado de *fila de lechos o bandejas de lombriz roja en una explotación para producir humus de lombriz* (p. 7), de Fuentes (1987).

El sistema de piso de tierra se puede utilizar tanto a nivel doméstico como industrial, en la figura 5, se observa el sistema industrial donde al no tener estructuras elaboradas es más económico establecer las camas directamente sobre el suelo, para buscar reducir los costos del proyecto, y no se recomienda hacer construcciones complejas, debido a que estas suelen interferir con las labores cotidianas de manejo.

Sin embargo en ambos tipos de sistemas (doméstico como intensivo), siempre se cumplirá un patrón en el estado de la materia orgánica, la cual vemos representada en la figura 6:

## Figura 6

*Representación visual del estado de la materia orgánica en función a los lechos de cultivo de lombrices, y su actividad*



*Nota.* Adaptado de *vermicomposter*, de Velychko (2020).

Según la figura 6, nos ilustra como la capa superior se encuentra el residuo fresco que se empezará a degradar, y será consumido por los microorganismos; en la capa intermedia se ubica la zona efectiva, esta consiste en el lugar donde se encuentran las lombrices alimentándose de los microorganismos (bacterias y hongos) y además de los residuos, y en la capa inferior, está el humus, que es el abono orgánico producido por las deyecciones de las lombrices, luego del consumo de la materia orgánica.

### 4.9. Características favorables del abono de lombriz

En la digestión de las lombrices se produce el humus, que según Maqueira et al (2022) y Chavés et al (2013), es un fertilizante con unas características muy particulares tales como: Coloración marrón, fácilmente desmenuzable, inodoro y a nivel químico muy estable, con una carga bacteriana que, puede alcanzar grandes cantidades de unidades por gramo seco. Todo esto aporta a las plantas un alimento directamente asimilable, equilibrado, reconstituyente, libre de parásitos y con período efectivo de hasta cinco años.

Las bondades que aporta el lombricompost en los suelos son múltiples, y colabora en gran medida en la recuperación de los suelos degradados por la agricultura tradicional, de estos podemos mencionar los siguientes:

- Incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo.
- Los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B), están disponibles para las plantas.
- Favorece la retención de agua en el suelo.
- Mejora las características físicas, químicas y estructurales en el suelo.

En general, se puede considerar que la lombricomposta presenta un amplio rango de contenido nutricional, un ejemplo de este, en el ámbito químico, se muestra en la tabla 2

**Tabla 2**

*Unidades Rango de lombricomposta maduro*

<b>Contenido nutricional de las lombricompostas</b>	
PH	6.8 a 7.2
N %	1.5 a 3.35
P ppm	700 a 2500
K ppm	4400 a 7700
C / N	10 a 13
C I C meq / 100 g	75 a 81
Ca %	2.8 a 8.7
Mg ppm	260 a 576
Mn ppm	0.2 a 0.5
Cu ppm	85 a 490
Zn ppm	87 a 404

*Nota.* Adaptado de Martínez et al, (2003)

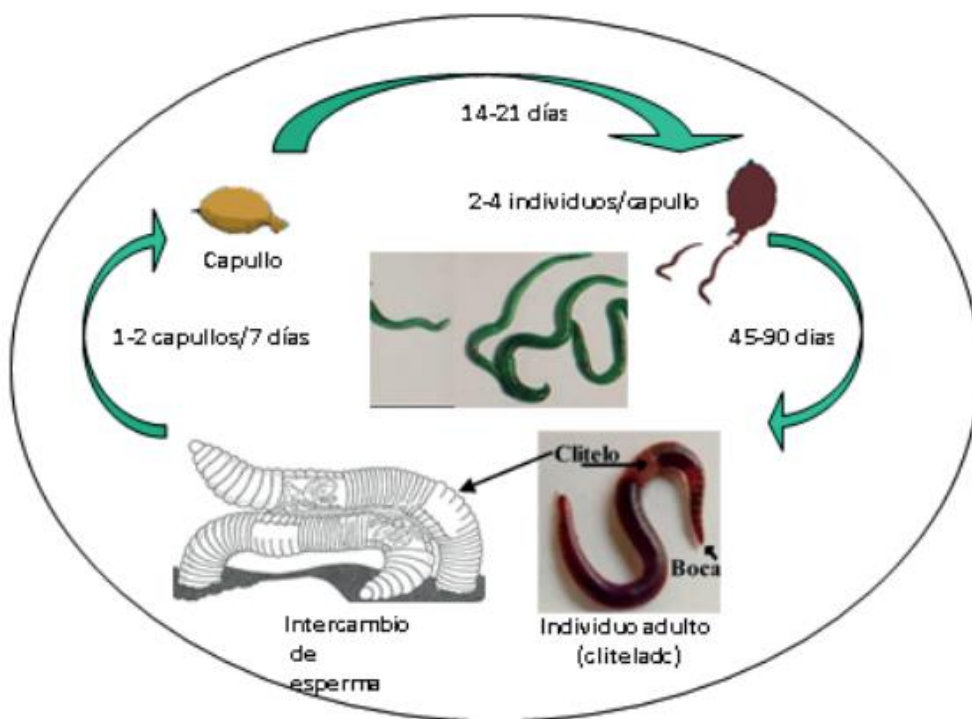
#### 4.10. Planificación de la unidad de lombricultura

Para el establecimiento y condición de una unidad de lombricultura es indispensable la realización de una serie de operaciones relacionadas con la cría de las lombrices y la transformación de los residuos sólidos orgánicos. Si se quiere lograr resultados eficientes, estas operaciones deberán realizarse en forma armónica (Maqueira et al, 2022).

A continuación, en la figura 7, se muestra el rango promedio en días, de cada etapa en el ciclo de vida de las lombrices, siendo este muy importante para programar las actividades de la explotación. Esto al momento de iniciar la cría, permite proyectar la cosecha y la dosificación de comida para las lombrices.

**Figura 7**

*Representación gráfica del ciclo de vida de la lombriz roja californiana*



*Nota.* Adaptado de *Ciclo biológico de la Eisenia foetida*, de Martínez (2003).

En relación con la alimentación, la frecuencia depende de varios factores, entre ellos la densidad de población, para un correcto arranque de la actividad lombrícola; Gómez (2008)

recomienda; que la densidad de población debe ser de 5.000 lombrices por m<sup>2</sup>, la cual se aumenta paulatinamente hasta llegar a no menos de 20.000 lombrices por m<sup>2</sup>, para garantizar la estimulación en el consumo de residuos orgánicos en el momento de cosecha, entre los tres y cuatro meses.

Como es de esperar, la frecuencia de alimentación aumentará con relación al incremento de la densidad de población, entre más población de lombrices mayor será su consumo y producción.

Por su parte lo usual, en cuanto a la temporalidad, es empezar alimentando cada 15 a 20 días y con el paso del tiempo finalizar cada 10 días, en ocasiones menos, valorando a cada momento la reacción del lombricario (Fuentes, 1987).

Una forma precisa para determinar, cuando alimentar a las lombrices de ambos lombricarios fue la señalada por Guanche (2015), donde describe que se debe pesar el alimento fresco y colocarlo en cada uno de los lechos, cuando se observe que las características del alimento que se ofreció han sido transformadas en abono orgánico (tipo granulometría fina y color negro marrón), entonces es momento de volver de ofrecer más alimento fresco repitiendo el procedimiento.

#### **4.11. Sustrato para el lombricultivo**

De acuerdo con Romero et. al (2018) y Schuldt (2006) el medio en el que se cultivan las lombrices y a su vez el medio donde se las alimentan se les llama sustrato. Es el hábitat donde ellas y su prole deberán hallar satisfacción a todas sus necesidades vitales para producir un lombricompost de la mejor calidad posible.

Este medio puede constituirse con una diversidad de material orgánica, que conlleve a un bienestar de la población de lombrices y en consecuencia el desarrollo de estas, la calidad del humus producido, se relaciona directamente a las condiciones en las que se produce el compostaje.

Tanto los materiales como las condiciones climáticas van a incidir sobre el proceso productivo del abono, por eso es importante la previa preparación de la comida, que se les suministre a las lombrices, lo que significa que el vermicompost debe acoplarse al pre - compostaje

lo antes posible, y al tener bastantes microorganismos, ayuda a estabilizar la materia orgánica. Esta se considera estabilizada cuando la relación C/N se aproxima 10/1 (Romero et. al. 2018).

Algunos de los criterios para seleccionar materias orgánicas compostables, y que generen alta calidad en su vermicompost según Romero et. al (2018) y Schuldt (2006), son los siguientes:

1. Estabilización o maduración: en torno a 45 o 60 días (excepto en camas de pollos y estiércoles de cerdos que requieren una maduración más prolongada 90 días post generado),
2. Evitar la elevación térmica, durante todo el proceso de compostaje que no supere los 50 – 55 °C, ya que se cocinarían; una forma de lograr esto, es realizando pilas bajas de 40 centímetros de altura, descartando material de riesgo sanitario,
3. Buena oxigenación, se logra mediante volteos periódicos,
4. La fase acuosa, o sea la humedad de la materia orgánica debe ser abundante y superar poco más del 60 – 70%.
5. Tamaño de las partículas, la *E. foetida* no posee dentadura, por lo que entre más pequeño el tamaño de partícula mejor su ingesta y más rápido su procesamiento.

Tras cumplir estos requisitos, la materia orgánica de calidad, puede suministrarse a las lombrices de manera segura, sin consecuencias negativas. Además, los estudios realizados por Canales, *et al* (2020), Romero, et. al (2018) y Schuldt, et al (2011) mencionan que los sustratos para la actividad de la lombricultura, con mayor capacidad de producción de biomasa, son la combinación entre estiércoles y restos de vegetales, tales como; frutas y verduras. El uso de estiércoles de bovino combinado con material seco y otros (tales como frutas o verduras) son dietas que las lombrices aceptan con rapidez y con baja tasa de mortalidad.

#### ***4.11.1. Condiciones ambientales para el desarrollo de las lombrices***

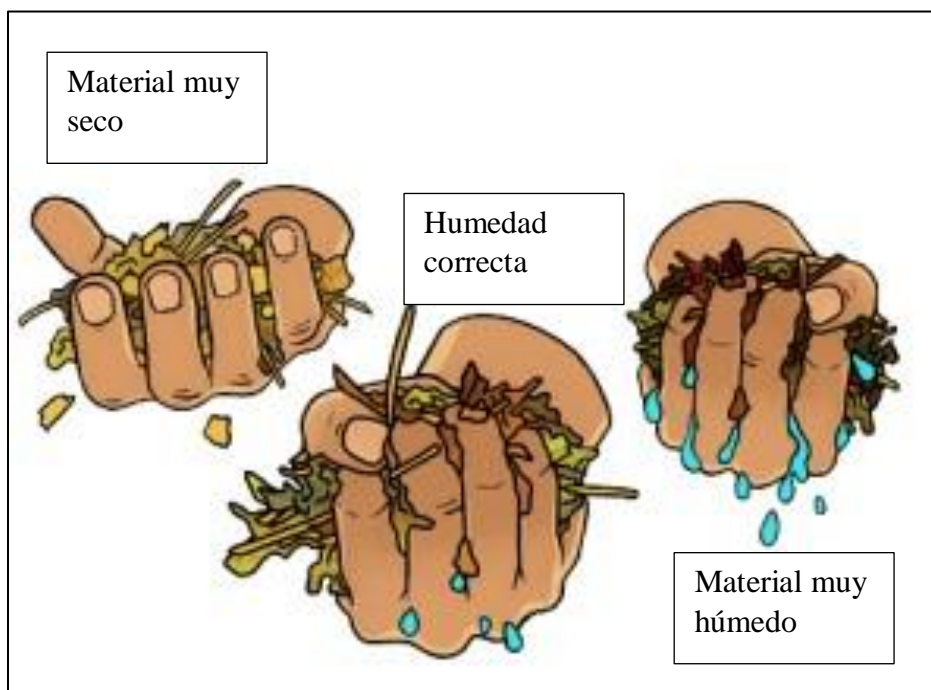
El hábitat de las lombrices epigeas es la zona superficial del suelo; por tanto, es muy susceptible a cambios climáticos, además son fotofóbicas por lo que los rayos ultravioleta pueden perjudicarla gravemente. Tanto Canales, et al (2020), Marnett, (2012) y Mejía (s.f) mencionan un listado de características específicas y adecuadas para el desarrollo de las lombrices:

1. La humedad del sustrato debe contener un promedio del 70 - 85% para facilitar la ingesta de alimento y el deslizamiento de las lombrices a través del material orgánico ofrecido, en caso contrario si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz y si hay un exceso de humedad origina una oxigenación deficiente.
2. La temperatura debe contener un rango óptimo para el crecimiento de las lombrices el cual es cercano a los 25° C.
3. El pH óptimo es 6 a 7.5.
4. La aireación del sustrato como se mencionó con anterioridad, es de vital importancia para la correcta respiración de las lombrices, si no lo es, entonces el consumo de alimento y la reproducción se reducen por la compactación.
5. El riego con agua de acequia o de pozo o potable sin cloro.
6. Población microbiana, entre mayor cantidad de bacterias, hongos y actinomicetes, mayor será la capacidad de las lombrices de procesar la materia orgánica.

El método casero para determinar la humedad es mediante la prueba de puño, que consiste en: agarrar una parte de sustrato del lecho, apretarlo con el puño; si escurre un líquido abundante esto quiere decir que hay una alta humedad, si no salen gotas estará muy seco y si salen pocas gotas quiere decir que el sustrato está en buen rango. Esto se puede observar en la figura 8.

## Figura 8

*Prueba de campo, medir la humedad del suelo o sustrato al tacto*



Nota. Adaptado de *prueba de la humedad "apretón"* (p. 1), por Instituto para la autosuficiencia local (2024).

### 4.12. Enemigos y Enfermedades de las lombrices

Según mencionan tanto Canales, et al (2020), Guancho (2015), las lombrices son vulnerables a diversos enemigos que existen en la naturaleza, dado que ellas no tienen un sistema de defensa como por ejemplo: garras o caparazón, como consecuencias las pueden devorar; a continuación se citan los enemigos naturales:

- Ratas. - El daño que producen en el lecho al intentar construir sus nidos y su manejo es con cebos tóxicos localizados.
- Pájaros. - Estos buscan con su pico y patas, siendo muy eficientes en la captura y mermado de lombrices, como manejo preventivo se puede tapar el lombricario con paja.
- Aves de corral. - Gallina, pollo, patos, pavos ellos encuentran en los lechos una fuente exquisita para su alimentación. El manejo se realiza encerrando en corrales a estos animales.

- Hormigas. - Estas son un peligro cuando establecen su nido dentro del lecho, matan las lombrices juveniles llevándose las cápsulas de sus nidos y el manejo se realiza rociando aceite quemado alrededor del lecho o manteniendo la humedad por encima del 60%.
- Lombriz de tierra. - Estas compiten por el alimento y tratan de desplazar a las lombrices domésticas muriendo estas por falta de alimento. El manejo se realiza haciendo evaluaciones periódicamente cada 45 días.

En cuanto a la enfermedad registrada, que puede afectar a las lombrices tenemos la intoxicación proteica. - Provocada por exceso de proteínas en el alimento. El estiércol fresco no compostado libera amonio que acidifica el sustrato produciendo en el cuerpo de la lombriz abultamientos y estrechamientos, cambio de color de rosado a blancuzco y posterior muerte (Duarte, sf).

#### 4.13. Características físico, químicas y microbiológicas del abono de lombrices

Las características del humus, según físicas, químicas, microbiológicas se resumen en la siguiente tabla

**Tabla 3**

*Características físico, químicas y microbiológicas del abono de lombrices*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color marrón oscuro u negro</li> <li>• Gránulo uniforme</li> <li>• Agradable olor a mantillo forestal</li> </ul>
Químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de nutrimentos como; nitrógeno, fósforo y azufre.</li> <li>• Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales se producen por la actividad microbiana en el lecho, durante el período de reposo (humificación).</li> </ul>
Microbiológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee una elevada carga microbiana, del orden de los 20 mil millones por grano seco, cualidad que ofrece protección a las raíces (contra bacterias y nematodos).</li> </ul>

*Nota.* Adoptado de Ramírez et. al., 2021; Restrepo et al., 2007..

Estas características, mejoran la eficiencia de la fertilización y estabilizan la reacción del suelo, debido a su capacidad tampón (amortiguador). Además, inactiva los residuos de plaguicidas por su capacidad de absorción e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas; también mejora la estructura de sujeción de las plantas dando soltura a los suelos pesados y compactos; por consiguiente, mejora la porosidad, la permeabilidad, la ventilación, reduce la erosión e incrementa la capacidad de retención y confiere coloración oscura ayudando a mantener la energía calorífica

#### 4.14. Recolección del humus

Guanche (2015), indica que al momento de retirar el humus de las lombrices, debe llegar a la altura máxima de la cama, a nivel comercial es de unos 50 centímetros, entonces, se dejan las actividades de riego y alimentación. Para extraer el humus hay varios métodos, también descritos por el mismo autor, y que se menciona a continuación:

- a- El primer método es con malla: se debe colocar una malla o tela metálica sobre el humus, y añadir nueva comida sobre esta, la lombriz comenzará a emigrar hacia la malla en busca de alimento. Este método se debe repetir varias veces para capturar todas las lombrices, separándolas con la malla, luego trasladarlas a un nuevo lecho.
- b- El método del raspado: este debe quitar la sombra, e igual dejar de alimentar y exponer al sol, para que empiece a secarse el humus, la reacción natural de las lombrices es huir de la luz y la sequedad, recubriéndose en capas inferiores, es ahí donde se puede recolectar el humus paulatinamente hasta llegar al fondo del lecho, donde estarán concentradas las lombrices, colocan en un nuevo lecho.
- c- El método de dividir el lecho a la mitad, para ello se utiliza con una malla o tela metálica, esta forma de trabajo y extracción de humus es continua, se alimenta y cría hasta llegar a la altura máxima de la cama, es ahí donde se procede a destapar la mitad de la cama o lecho, en la otra mitad se sigue con normalidad; esto fuerza a reaccionar a la lombriz, migrando a la parte del lecho donde hay comida fresca.

El método seleccionado dependerá del gusto del lombricultor, debido a que, ninguno a demostrado mayor eficacia ni otro tipo de ventajas, y en todos se puede recolectar material de 2 a 4 veces al año.

## 5. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó bajo la modalidad de Práctica Dirigida que según Comisión de Trabajos Finales de Graduación, División de Educación Básica – CIDE (2020):

Es una práctica en la que el estudiantes aplican sus conocimientos, habilidades y destrezas a una situación particular relacionada con la carrera que cursa. Esta modalidad implica que el estudiante y la estudiante pongan en práctica los conocimientos y habilidades desarrollados durante el proceso de formación profesional (p.12).

Se debe decir, que este trabajo permitió ahondar en los conocimientos adquiridos durante los cursos de la Licenciatura y de esta manera también aplicar los mismos, especialmente al llevar a cabo el diseño, ejecución y control de procesos de producción en lombricultura.

### 5.1. Caracterización del ámbito de ejecución de la práctica

Esta se ubica en Santa Lucía de Barva Heredia, caracterizada por un bosque pre montano húmedo, el suelo es de tipo rocoso, por estar sobre una colada del volcán Barva. Sus coordenadas son: 10° 01´ 20 latitud norte y 84° 06´ 45 longitud oeste y un área de 32 hectáreas (Universidad Nacional de Costa Rica, 2024).

La FESL, tiene como dirección: 3 km al norte de la ciudad de Heredia y presenta una delimitación física según los puntos cardinales:

Al este con San Rafael de Heredia.

Al oeste con San Pablo de Barva.

Al norte con San José de la Montaña.

Al sur San Josecito de San Rafael.

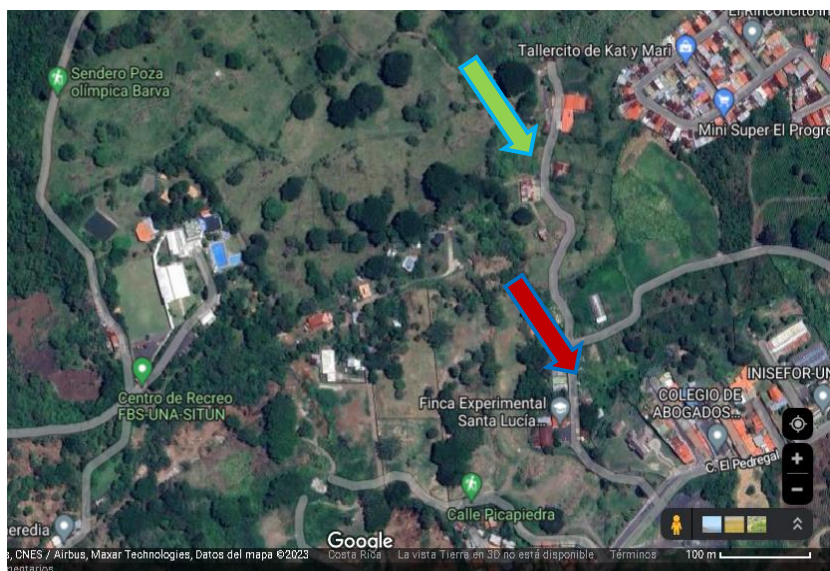
Dicha finca experimental cuenta con una altura promedio de 1200 m.s.n.m, el clima que se presenta en esta región pertenece a la zona de vida denominada bosque lluvioso tropical pre

montano con precipitaciones promedio anuales de los 2000 mm a 2500 mm, además de temperaturas que oscilan entre los 24.8 °C y 15.2 °C (Espinoza, 2012, p.15).

La ubicación de la zona vía satelital se presenta, en la figura 9.

## Figura 9

*Ubicación geográfica, lugar donde se llevará a cabo la investigación*



*Nota<sup>1</sup>*. Adaptado de 2VCQ+R5V, *El Carbonal, Heredia, Barva*, por Google mapa (2023).

*Nota<sup>2</sup>*: Flecha con rojo en la imagen es la ubicación donde se encontraba el lombricario piso tierra

*Nota<sup>3</sup>*: Flecha con verde en la imagen es la ubicación donde se encontraba el lombricario piso de cemento

## 5.2. Instalación de los lombricarios en la finca experimental Santa Lucía

Los dos tipos de lombricarios a comparar se instalaron entre el 27 de enero de 2025 hasta el 30 de mayo del 2025, en la finca Experimental Santa Lucía (FESL) de la Universidad Nacional, como un recurso para la Escuela de Ciencias Agrarias, en la formación de profesionales.

El perímetro exterior que se requirió para los lombricarios fue de un metro de ancho por cinco metros de largo para un área total de 5m<sup>2</sup>, y una altura máxima de 30 cm. Se utilizó parte de

la estructura de cemento ya existente en la finca para el lombricario, el cual, se limpió previamente a su uso, tanto en la base como en los costados para dejarlo libre de restos de otras actividades anteriores.

Para el caso de la zona donde se instaló el sistema de piso tierra, se limpió el suelo de plantas existentes, hasta dejar el suelo desnudo, tal como describe Martínez en su guía de producción (C. Martínez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2024).

El área para la práctica es de 1m<sup>2</sup>, y está dentro del perímetro delimitado anteriormente, ahí se colocó la semilla de lombrices que contenían adultos, juveniles y cocones (junto con sustrato de alimentación), además se fue agregando alimento durante el tiempo que duro la práctica.

Para el sistema de cemento, se utilizó parte del área en la estructura existente de la FESL ubicado en la sección de lombricompostaje, mientras que en el sistema de piso de tierra se le asignó un lugar en el suelo del territorio de la FESL en condiciones sin cobertura estructural (edificación) para forzar a las lombrices a trabajar bajo esas condiciones.

### **5.3. Marco cronológico**

En esta parte, se puede ver específicamente, a través de la tabla 4, las fechas propias de la ejecución de la Practica Dirigida.

**Tabla 4***Cronograma de la ejecución de la investigación*

<b>Etapas de la ejecución</b>	<b>Fechas</b>
Instalación de Lombricarios	20/01/2024
Siembra de Lombrices	27/01/2024
Colocado de alimento	Entre 27/01/2024-01/04/2024
Tomado de muestreo	Entre 21/05/2024
Cosecha de Lombricomposta	21/05/2024

#### **5.4. Recursos de la investigación**

En este apartado se describen los recursos necesarios para llevar a cabo la Práctica, como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5***Recursos de la investigación*

<b>Recursos de la investigación</b>	<b>Descripción</b>
Humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El investigador</li> </ul>
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pala</li> <li>• Plástico negro 4mqr</li> <li>• Sarán fino</li> <li>• Agua de grifo</li> <li>• Lombrices</li> <li>• 50 kilos de semilla de lombriz</li> <li>• Boñiga</li> <li>• Residuos vegetales</li> </ul>
Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de laboratorio</li> </ul>
Financieros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento: CRC 30000</li> <li>• Laboratorio: Dr. Obregón: CRC 15000</li> <li>• Análisis laboratorio: CRC 30000</li> <li>• Ver tabla 4: Costos del sistema</li> </ul>

**5.5. Instrumento de Recolección de Datos**

La recolección de datos se realizó mediante un bitácora, a nivel de campo; su contenido estuvo conformado; por el pesaje del material orgánico ofrecido, número de lombrices adultas y juveniles, cantidad de agua suministrada, todo según fecha de visita; así mismo, se coloca una

descripción cualitativa de la condición de cada lombricario, el sustrato y estado físico de la *Eisenia Foetida*.

Se tomaron muestras al azar de ambos sustratos según la técnica de Schweizer (2011), al término de la práctica, para llevarse al Laboratorio, y realizar un análisis químico y biológico, en el apartado 5.7 se describe de manera específica la técnica. De igual forma se realizó una hoja de costos, para realizar la contabilidad de costos de la Práctica.

Se realiza una entrevista abierta, a persona experta en el tema Lombricultura; en este caso se le realizó a M.Sc. Claudia Martínez Cerdas, Ingeniera Agrónoma por la Universidad de Costa Rica, con posgrados en Entomología y Acarología (Colpos), Ecología y Ciencias Ambientales (UNAM) y una Maestría Ejecutiva en Agronegocios (Colpos). Su trayectoria académica y profesional la ha posicionado como referente en agricultura ecológica, sostenible y seguridad alimentaria, de hecho, posee más de 20 años de experiencia en trabajos en lombricultura y COA de Lombricultura técnica sociedad anónima en México.

## **5.6. Desarrollo de la práctica dirigida a nivel de campo**

Para tener un orden y entendimiento en la presente práctica dirigida se establecieron una serie de etapas, las cuales se describen a continuación y se subrayan:

Instalado ambos lombricarios se procedió a ofrecerles residuos orgánicos provenientes de dos fuentes: 1. Boñiga fresca (del mismo día de alimentación) de las vacas del establo de la FESL y 2. Residuos frescos (del mismo día de alimentación) provenientes de las sodas de la Universidad Nacional de Costa Rica en su sede central (estos se trasladaron en recipientes plásticos con tapa desde la sede central hasta la finca Experimental). Los residuos se pesaron en partes iguales (50/50) y se mezclaron.

Según Guanche (2015), la frecuencia de alimentación en los lombricarios dependerá del consumo de residuos orgánicos por parte de las lombrices contenidas en cada lombricario, se menciona que al colocar material fresco las características serán: boñiga de color marrón claro más fruta/verdura recién incorporada con su estructura natural, cuando este material tenga las siguientes características tales como: material marrón oscuro, granulado, homogeneizado (aspecto similar a

la tierra orgánica húmeda) y que no se distingan los materiales inicialmente colocados se determinará que han sido procesados por las lombrices y se volverá a colocar nuevo material fresco. Ver las siguientes figuras 10 y 11 que ejemplifican este método

**Figura 10**

*Sustrato con alimento aun sin descomponerse y sin ser procesado por las lombrices*



**Figura 11**

*Sustrato totalmente oscuro y procesado por las lombrices*



Se cubrieron las camas con un plástico negro de 4 micras para proteger las lombrices de condiciones externas. En los extremos del plástico negro se le colocaron troncos o piedras para evitar que el plástico se levantara por el viento.

La siembra de las lombrices (semilla de lombrices), se realizó en la mañana, entre las horas 7 a 9 am, en cada sistema se colocaron 50 kg de sustrato con semilla de lombriz, provenientes del lombricario de la FESL. Antes de la siembra se obtuvo la relación de peso de sustrato y el número de lombrices contabilizadas, esto se realizó pesando al azar 10 kg de sustrato con lombrices y posterior se contabilizó la cantidad de lombrices existentes en ese sustrato para estimar el total de unidades de lombrices iniciales en cada sistema productivo.

Después de colocado el alimento para las lombrices, habrá un día a la semana destinado para realizar un control del consumo en el experimento (si no hay cambios no se registra, y si los hay se registra en la bitácora), este control es visual como lo determina Gauche (2015), donde si se observa que hay restos de alimento anterior no se alimentará, pero si no se observan los restos

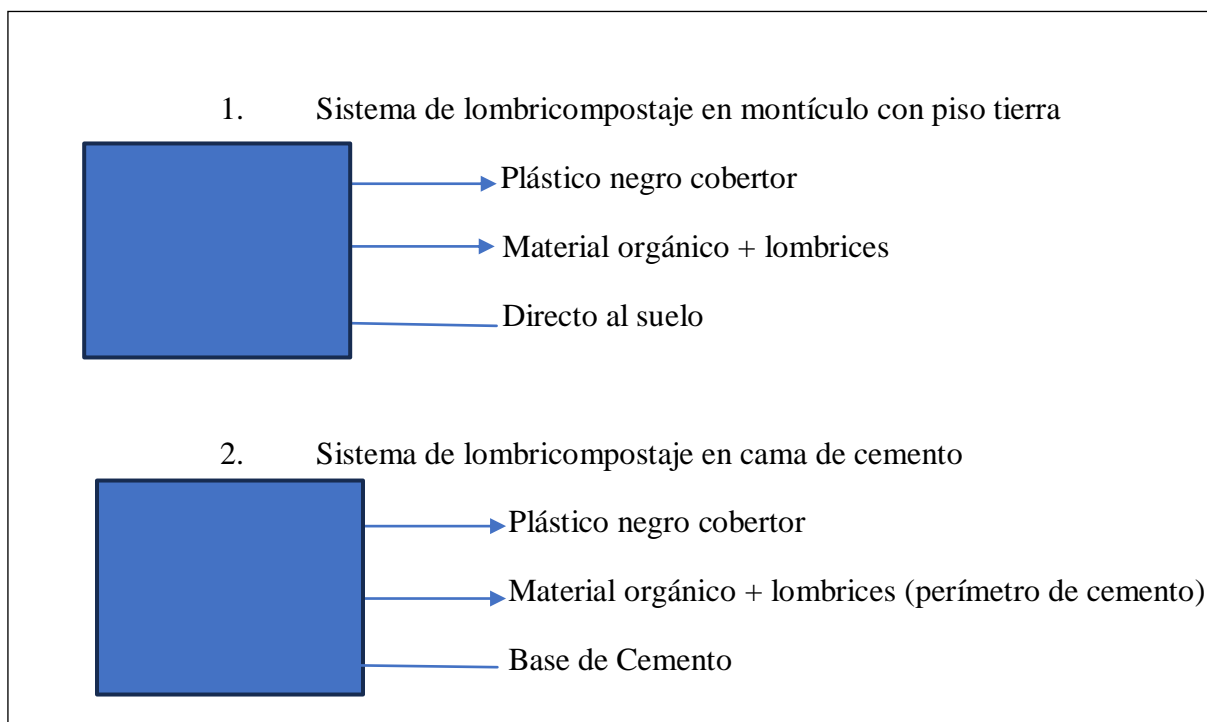
de alimento anteriormente colocados entonces se procedió a colocar más comida para las lombrices.

La toma de muestreos para determinar el número de individuos en el lecho fueron llevados a cabo de la siguiente manera: Se utilizó el método de muestreo al azar propuesto por Schweizer (2011). Se recolectó 2 kg de sustrato y se observó el estado de lombrices (normal, con vigor o si está presente problemas de movilidad u otros síntomas) y se realizó un conteo y registro de lombrices por etapa (adultas, juveniles y cocones).

A los tres meses se dejó de alimentar a las lombrices por un período de 14 días, luego de este tiempo se procedió a realizar la cosecha de las lombricompostas, utilizando el criterio de cosecha sugerido por C. Martínez (comunicación personal, 28 de septiembre de 2024) donde menciona que, en este momento, es cuando el lombricompostaje tiene mayor rendimiento en cuanto a peso/calidad. El trampeo para la extracción de las lombrices se realizó mediante la colocación de una malla encima de la lombricomposta y se le ofreció a las lombrices residuos frescos para atraerlas, posterior a esta atracción se recolectaron y se retiraron de los lombricarios. Este método de trampeo, se repitió 3 veces en un periodo de 5 días entre una y otra, para separar la mayoría de las lombrices del abono. En la siguiente figura se realiza un esquema básico de cómo se implementó la práctica.

**Figura 12**

*Esquema de los métodos de lombricultura a comparar*



*Nota.* Esta figura muestra los sistemas de trabajo en lombricultura para este estudio.

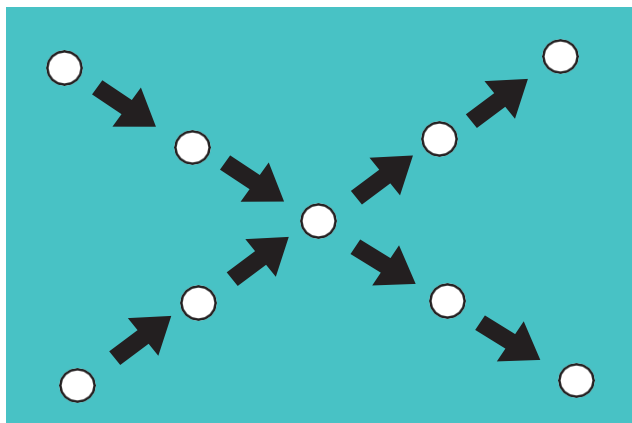
### **5.7. Recolección de muestras al azar del lombricompostaje para análisis de laboratorio**

Se recolectaron muestras del lombricompost de cada sistema, las cuales se depositaron en bolsas plásticas y se llevaron a un laboratorio de suelos donde se les realizó un análisis de minerales y microbiológico. Para obtener las muestras de cada lombricultor se tomaron sub muestras (de 15 a 20 unidades, descartando áreas atípicas tales como extremos de área de trabajo), de cada división, y se obtuvo una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg, para incrementar la precisión (Schweizer, 2011). Luego del muestreo, se comparó cuál sistema procesó más cantidad de residuos orgánicos a lo largo del tiempo que duró la práctica.

En la figura 13, se muestra como recolectaron las sub muestras con muestreo al azar.

**Figura 13**

*Imagen representativa de muestreo al azar*



*Nota.* Adaptado de *Diseño de muestreo* (p. 10), de Schweitzer (2011).

### **5.8. Costos de producción de cada sistema de lombricario**

Se recopiló información relacionada con el costo en campo, y se investigó sobre los costos a nivel de cada módulo, referenciando comercios de la zona con precios actualizados; para montar el estudio en cada módulo. Luego se comparó los dos sistemas de lombricarios realizados en la práctica. Se tomó como herramienta la guía práctica elaborada por Mellado (2010). (Ver tabla 4)

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Resultados

Los resultados atienden, a cada uno de los objetivos específicos de esta Práctica. El análisis y la discusión de los mismos, se realiza en el apartado subsecuente.

#### 6.1.1. *Sección 1. Conteo de lombrices en los dos tipos de lombricarios*

El conteo de lombrices en los dos tipos de lombricarios, responde al objetivo específico número 1 de este trabajo, que era comparar el número estimado de lombrices (todos los estadios) que hay entre el sistema de piso tierra (tipo montículo) con respecto a la estructura de cemento, después de 3 meses de lombricompostaje; esto ayudó a determinar si la prueba era factible, ya que seguían vivas y además se multiplicaban, segundo, si la población aumenta, quiere decir que el sistema tiene una mayor capacidad de procesar residuos, como se comentó a mayor densidad, mayor consumo

Los lombricarios en piso de cemento y de tierra, estuvieron activos de enero a mayo del 2024. En dicho período se realizaron cinco conteos de lombrices adultas, juveniles y cocones, además se registró la cantidad de desechos orgánicos que se colocaron a lo largo de la prueba, con el fin de compararlos. Esto se exhibe en la tabla 6; que se apoya de la bitácora de campo, exponiendo el conteo de lombrices de cada sistema de lombricompostaje. Para un mejor análisis de los resultados se elaboró, el gráfico 1 y 2, que específicamente nos ayuda a separar únicamente los datos cuantitativos, inclusive según etapa de crecimiento; y por otro lado, para ilustrar los datos cualitativos de la tabla 6 y condiciones de cada sistema se colocan las figuras 15-16-17-18.

## Bitácora de trabajo

**Tabla 6**

*Bitácora de conteo de lombrices en sistema de lombricompostaje tanto en piso de cemento como en piso de tierra 2024*

Fecha	Concepto	Piso de cemento				Piso de tierra			
		Número de Adultos	Número de juveniles	Número de cocones	Observaciones	Número de Adultos	Número de juveniles	Número de cocones	Observaciones
27-Jan	Alimentación y riego en las camas	69	79	6	Lombrices sanas / 30 kg de desechos boñiga + fruta y verdura / 2 kg de muestra para conteo de lombrices	161	72	21	Lombrices sanas / 30 kg de desechos boñiga + fruta y verdura / 2 kg de muestra para conteo de lombrices
31-Jan	Riego	X	X	X	5.5 litros de agua	X	X	X	5.5 litros de Agua
21-Feb	Riego y alimentación	115	41	51	31 kg de desechos boñiga + fruta y verdura / 2 kg de muestra para conteo de lombrices + 17 litros de agua	171	63	54	31 kg de desechos boñiga + fruta y verdura / 2 kg de muestra para conteo de lombrices + 36.5 litros de agua
8-Mar	Riego	176	42	100	agua 7.5 litros / muestreo de 2 kg en ambos sistemas para conteo	324	91	92	agua 7.5 litros / muestreo de 2 kg en ambos sistemas para conteo
22-Mar	Riego y alimentación	X	X	X	Se colocó 15 kg de desechos boñiga + fruta y verdura	X	X	X	Se colocó 7.5 kg de desechos boñiga + fruta y verdura
1-Apr	Riego y Alimentación	196	73	10	Se colocó 5.5 kg de desechos boñiga + fruta y verdura	107	12	9	5.5 litros de agua/se colocó 2.5 kg de desechos boñiga + fruta y verdura
16-May	Observaciones	X	x x	x	La actividad de las lombrices es normal				sustrato seco
21-May	X	X	X	X	Se colocó 15 kg de desechos boñiga + fruta y verdura	X	X	X	Se colocó 7.5 kg de desechos boñiga + fruta y verdura
30-May	Conteo: lombrices y cocones	169	193	12	Actividad normal	173	28	108	Normal

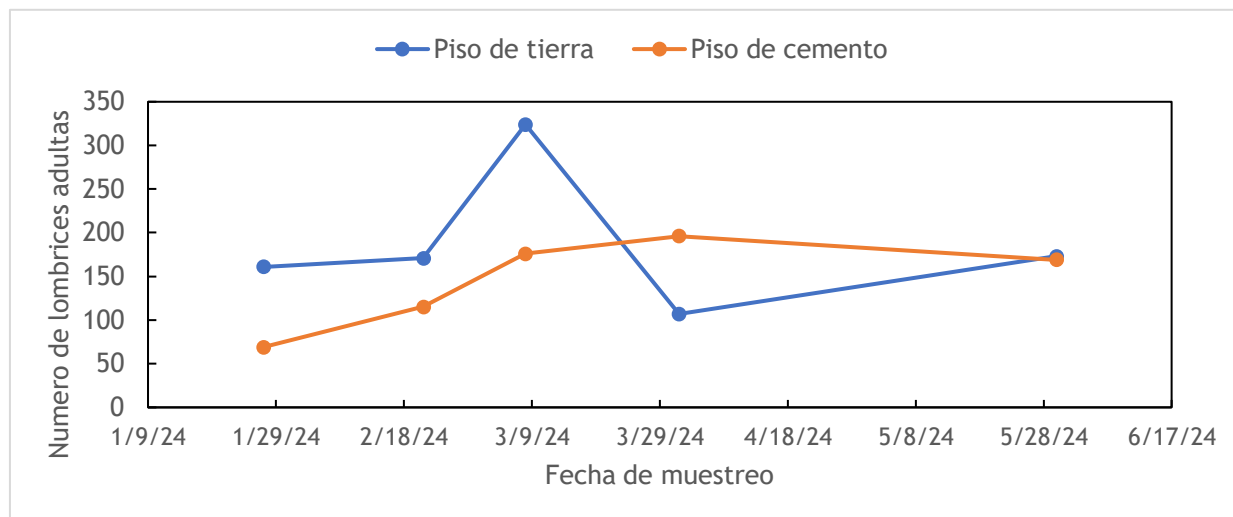
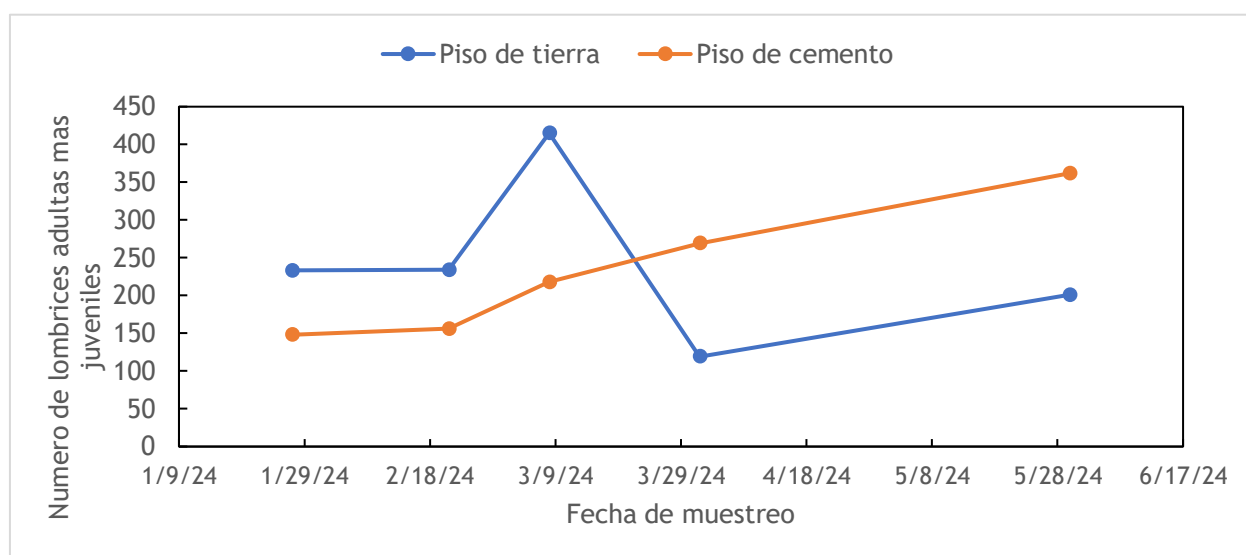
Con respecto a la tabla 6, la fecha de inicio de la Práctica fue el 27 de enero, aunque se tomó la misma cantidad de sustrato con lombrices para iniciar (50 kilos), la población de *E. foetida*, era imposible de igualar de manera natural en términos cuantitativos, por ello, el análisis, la alimentación y el riesgo se realizó en función a la densidad como se puede observar en la tabla, con ello se garantiza la ecuanimidad de los resultados.

Ambos sistemas tiene un aumento continuo hasta la muestra tomada en 8 de marzo, se debe observar que en esta fecha se debió realizar un aumento en la cantidad de agua, como se explicará en la discusión, así mismo, se debe decir que a partir de esta fecha el sistema de piso de tierra tiene una caída significativa en la densidad, a nivel general; de 324 lombrices adultas el 8 de marzo a 107 el 1 de abril. En las juveniles de 91 lombrices el 8 de marzo a solo 12, el 1 de abril; y aún peor en los cocones, decayeron de 92 el 8 de marzo, a solo 9 el 1 de abril.

Se debe destacar que en piso de cemento para esta fecha hay un descenso en el número de cocones, lo que puede deberse a que el sistema, llego a su máxima capacidad de unidad de lombrices/área, en ese momento las lombrices se autorregulan y mesuran su comportamiento sexual.

El 16 de mayo se determina en el caso de piso de cemento, una actividad normal por parte de las lombrices; en esta fecha en piso de tierra se diagnóstica que el sustrato se encuentra seco; lo que conduce a realizar una modificaciones en este sistema.

El último muestreo fue realizado el 30 de mayo, una vez cumplido el ciclo de vida, donde se demuestra que las modificaciones llevadas a cabo en piso de tierra, permitieron su reposición, pasando de 107 lombrices adultas el 1 de abril a 173 el 30 de mayo, con una actividad normal de las mismas. Por su parte, el sistema de piso de cemento evidencia un leve descenso de en la cantidad de lombrices adultas de 196 el 1 de abril a 169 unidades, pero las juveniles si aumentaron de 73 unidades el 1 de abril a 193 el 30 de mayo, esto reafirma la contención en el sistema que se evidencia desde el 1 de abril iniciando con los cocones.

**Figura 14***Conteo de lombrices (adultos) según lombricario***Figura 15***Conteo de lombrices (adultos más juveniles) según lombricario*

Estos gráficos, resumen de manera visual, el comportamiento de las lombrices, a través del tiempo, según fecha de muestreo, las líneas de color azul corresponden al sistema piso de tierra, y las anaranjadas corresponden al piso de cemento. A continuación, se muestran fotos sobre ambos sistemas, (ver figura 16 y 17; representativas de piso de cemento; figura 18 y 19; representativa de piso de tierra) que ejemplifican donde se llevó a cabo el estudio.

**Figura 16.**

*Estructura de piso de cemento*



**Figura 17**

*Imagen representativa la estructura de piso de cemento. Vista de frente*

**Figura 18**

*Sistema de piso de tierra. Vista de costado*



**Figura 19**

*Imagen representativa de la estructura de piso de tierra. Vista de frente*



El conteo microbiano, obedece al segundo objetivo específico de esta Práctica, que es justamente, realizar un conteo microbiológico, de los abonos orgánicos producidos por ambos sistemas (piso tierra versus cemento). Para lograrlo, se realizó, un muestreo en el lombricompostaje, para evaluar la carga microbiana que contienen ambos lombricarios (piso de tierra y cemento).

**6.1.2. Sección 2. Conteo microbiano del lombricompostaje en los dos sistemas, piso tierra y cemento**

Este muestreo se realizó quince días después de la fecha final de la práctica (30 de mayo de 2024), este se llevó al laboratorio donde se cuantificó microbiológicamente la misma (ver anexo 1), dando énfasis en actinomicetos, bacterias aerobias y bacterias anaerobias; como se muestra concretamente en la tabla 7. Estos valores, permiten determinan en la discusión si el proceso de humificación será más eficiente a mediano y largo plazo.

**Tabla 7**

*Conteo microbiano de lombricompostaje tanto en cemento como en piso de tierra*

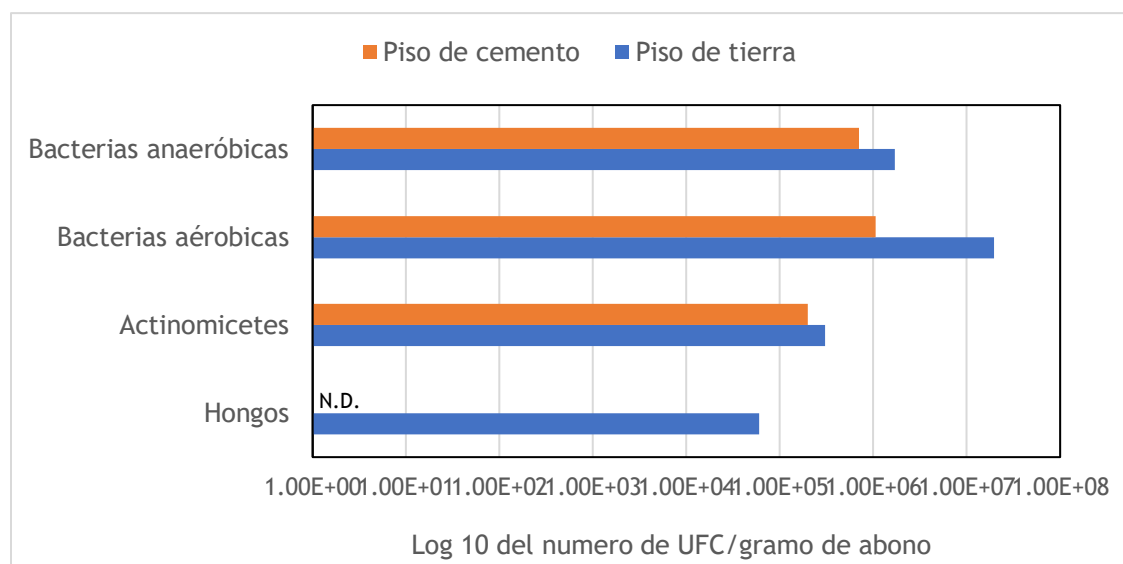
Piso de cemento			Piso de tierra		
Actinomicetos	Bacterias aeróbicas	Bacterias anaeróbicas	Actinomicetos	Bacterias aeróbicas	Bacterias anaeróbicas
$2 \times 10^5$	$1.06 \times 10^6$	$7 \times 10^5$	$3.05 \times 10^5$	$1.95 \times 10^7$	$1.7 \times 10^6$

*Nota.* Adaptado de Laboratorios Obregón, 2024.

Con estos datos de la tabla anterior se elaboró la figura 20, que presenta el conteo microbiano de los lombricompostajes, incluyendo los hongos, en un gráfico de barras en base a 10, para facilitar la visualización.

**Figura 20**

*Logaritmo en base 10 de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de lombricompost de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, actinomicetos y hongos según piso de cemento o de tierra del lombricario*



### 6.1.3. Sección 3. Estudio de costos de producción de los sistemas de lombricompostaje desarrollado

En este apartado, responde al tercer objetivo específico de esta Práctica, que es precisamente, realizar un estudio de costos de producción, de los dos sistemas de lombricultura realizados, con el objetivo de estimar el costo total y facilitar la discusión y análisis la rentabilidad de los sistemas. A continuación, se muestra la tabla 8, en la que se detallan los rubros y los costos que se incurren en este proyecto.

**Tabla 8**

#### Costos del sistema

<i>Costos de sistema de piso de cemento</i>		<i>Costos de sistema de piso de tierra</i>	
Rubro	Monto	Rubro	Monto
1 Construcción 60 m2 de instalaciones <sup>1</sup>	CRC 5,424,000.00	1 Construcción 60 m2 de instalaciones	CRC -
2 Materiales		2 Materiales	
Plástico negro 4 micras	CRC 85,000.00	Plástico negro 4 micras + saran	CRC 165,000.00
Pala	CRC 8,000.00	Pala	CRC 8,000.00
Agua	CRC 2,000.00	Agua	CRC 10,000.00
Carretilla	CRC 28,300.00	Carretilla	CRC 28,300.00
Lombrices	CRC 250,000.00	Lombrices	CRC 250,000.00
Manguera de Riego	CRC 14,900.00	Manguera de Riego	CRC 14,900.00
3 Mano de obra		3 Mano de obra	
Pesaje y colocación de residuos para Alimentar las lombrices	CRC 54,000.00	Pesaje y colocación de residuos para Alimentar las lombrices	CRC 54,000.00
Mantenimiento de las camas	CRC 72,000.00	Mantenimiento de las camas	CRC 72,000.00
Romana	CRC 65,000.00	Romana	CRC 65,000.00
4 Transporte		4 Transporte	
Recolecta de desperdicios	CRC 60,000.00	Recolecta de desperdicios	CRC 60,000.00
Total de gastos	CRC 6,063,200.00	Total de gastos	CRC 727,200.00

*Nota.* Adaptado de cotización #074-2024 (anexo 3).

## **6.2. Discusión**

### **6.2.1. Sección 1. Conteo de lombrices en los dos tipos de lombricarios**

En la figura 14 y 15; se observa la cantidad de lombrices en los lombricarios y su comportamiento, en cuanto al número de individuos a lo largo del experimento. Se notó una tendencia creciente de lombrices en ambos lombricarios, entre las fechas 27 de enero y el 1 de abril de 2024.

Posterior a esa fecha, el lombricario en piso de tierra, tiene una abrupta caída en el número de lombrices, como consecuencia de una baja humedad en el lecho, evidenciada a través de la prueba del puño, (ver figura 8). Este evento presenciado en la práctica fue corroborado por Guerra (2020), el cual menciona que, una humedad por debajo del 70% en el lecho dificulta el movimiento de las lombrices y provoca la muerte debido a la dificultad de obtener oxígeno del agua. En cuanto a la práctica realizada en piso de cemento, este si mantuvo la humedad en el lecho (también se realizó la prueba de puño, quedando restos de abono en la palma).

También se observa una considerable cantidad de hormigas en el sistema de piso de tierra, los cuales son enemigos naturales de las lombrices al competir por los recursos, estos individuos se ven presentes cuando los sustratos bajan la humedad, ya que en el mismo momento el sistema de piso de cemento no presencia estos seres.

Esta práctica tomó en consideración, lo dicho por Gauche (2015) en el marco conceptual, para ofrecer los alimentos a las lombrices; es decir, su estado de actividad, y con esto reduciendo los riesgos de productividad por un exceso o escasez de alimento en los lechos. En las figuras 10 y 11; podemos observar de forma ilustrativa los estados de la materia orgánica cuando está fresca y su resultado final en abono orgánico ya procesado por las lombrices.

En cuanto al consumo en residuos, no hubo diferencia relevante en ambos sistemas, entre las fechas 27 de enero y el 1 de abril de 2024, dado que; se proporcionó la misma cantidad de desechos orgánicos en el mismo tiempo, y se observó que tanto en piso de cemento como en piso de tierra los consumos eran los mismos, porque cada cantidad de alimento fresco proporcionado se transformaba en abono orgánico. Esto quiere decir que, las lombrices procesaron los desechos sin importar en cual estructura estén.

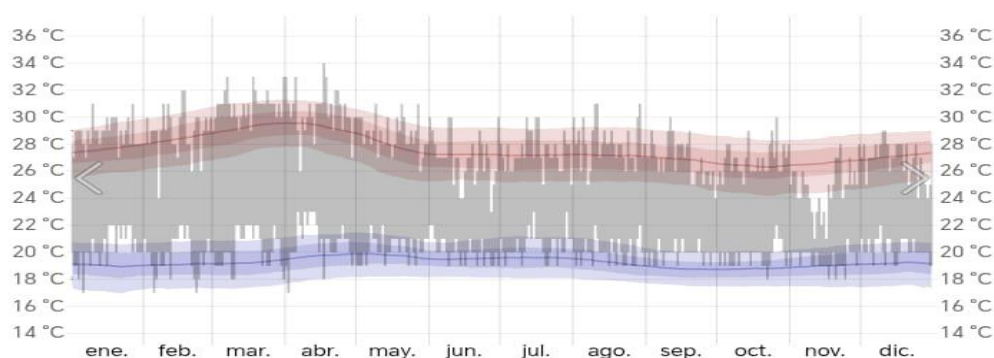
Sin embargo, ya para el 22 de marzo, el consumo de alimento fresco en el sistema de piso de tierra mermó, debido a las condiciones adversas de baja humedad, reflejándose en una caída también para la fecha del 1 de abril de 2024.

Las condiciones climáticas de verano posterior al 22 de mayo (más conocido como canículas), mostraron temperaturas elevadas y menor precipitación, afectaron el lombricario de piso de tierra, y como consecuencia directa la disminución en la cantidad de lombrices presentes en ese sustrato, con esto se tuvo que reajustar las cantidades de alimento a ofrecer, ya que los consumos cambiaron por el nuevo número de lombrices, el consumo de la mitad de alimento es evidencia de eso.

Tomando en cuenta lo anterior, al revisar los datos históricos de temperaturas en el año 2024 (ver figura 21), podemos observar que el mes que tubo mayores temperaturas promedio es abril, esta es una razón por la que el sistema de piso de tierra, se vio afectado en ese momento de la práctica, causando que el lecho se secase con mayor facilidad.

## Figura 21

*Datos históricos de temperatura promedio en Heredia 2024*



*Nota:* Adaptado de *Temperatura media en Heredia*, de Weather Spark (2025).

Para corregir este inconveniente del clima, y la baja humedad del sustrato, en la práctica se tomó en consideración las recomendaciones de C. Martínez (comunicación personal, 28 de septiembre de 2024), donde destaca que es fundamental, para este tipo de prácticas la aplicación

de una capa de paja u hojarasca de entre 5 a 15 centímetros de espesor sobre el lecho lombrícola o en su defecto algún material de cobertura, para aclimatar las lombrices.

Para fines prácticos se modificó la prueba de piso de tierra, colocando material plástico como cobertura, con la siguiente estructura: dos capas de sacos plástico en la parte inferior y dos capas de sacos en la parte superior, además del plástico negro, para taparlas de la luz directa, (ver figura 19 y 21), debido a esta corrección el sistema de lombricompostaje, en piso de tierra volvió a tener una humedad con la que las lombrices, pudieron seguir con sus actividades, así mismo, al realizar la prueba de puño se determinó que la humedad era normal y el conteo de lombrices del día 30 de mayo de 2024 aumentó, indicando estabilidad ambiental (humedad).

En cuanto a la reproducción de la lombriz *E. foetida* está directamente relacionado con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla. En esta práctica, el comportamiento reproductivo coincidió en ambos sistemas de lombricompostera, según la bitácora, aunque siempre que se realizó el conteo y revisión de individuos; mostraron cocones recién puestos o frescos con un color blanquecino o marrón claro, la tendencia fue, a la poca reproducción de lombrices; esto coincide con lo mencionado en el estudio de Durán & Henríquez (2009), donde menciona que uno de los sustratos para alimentar lombrices que tiene menor tasa de reproducción son los desechos de fruta y verdura, los cuales fueron agregados en esta práctica.

### **6.2.2. Sección 2. Conteo microbiano del lombricompostaje en los dos sistemas de piso tierra y cemento**

La importancia de una mayor presencia en la cantidad de microorganismos en el sustrato, hace que se acelere la estabilización de los materiales frescos ofrecidos, para posteriormente transformarlos en abonos homogéneos. Los actinomicetos, bacterias gram positivas aerobias forman micelios ramificados, degradando restos vegetales, animales, polímeros complejos e hidrocarburos; para tener la finalidad de mantener el suelo/sustrato suelto y desmenuzado.

De acuerdo con Román et al (2013), el compostaje en un proceso muy relacionado con el entorno biológico, para obtener mejores rendimientos y resultados de humificación, se puede decir que, al tener mayor cantidad de microbiota aeróbica, se obtendrá mejor resultado químico –

estructural, en el producto final, ofreciendo mejores bondades para el suelo y plantas, como abono orgánico.

Como se observa en la tabla 7 y figura 20, al comparar ambos sistemas, el lombricompostaje en piso de tierra, contiene la colonia microbiana con mayor número de individuos por gramos de abono orgánico. Esto es en parte atribuido, por el contacto del lombricompostaje al suelo, como base.

Al respecto, Pascual & Venegas (2014) afirman que, tanto la tierra como el abono orgánico son ecosistemas con condiciones in situ tales como: materia orgánica, humedad y nutrientes, que alimentan a una amplia variedad de microorganismos, entre ellos los expuestos en la figura 20 y tabla 6; en cambio el cemento estructural, es un material inerte que no ofrece nutrientes adicionales a los microorganismos, para su proliferación.

Considerando el enunciado anterior y los resultados de la tabla 7, se puede inferir que hay una mayor capacidad de degradación de la materia orgánica, por parte microbiana en el método de piso tierra; al haber mayor número de ellos. Además, al ser un proceso biológico el compostaje de la materia orgánica, llevado por los microorganismos y meso organismos; la incorporación de ellos, en la bioestructura del lombricompostaje, hace que la capacidad de procesar la materia orgánica sea mayor.

Sin embargo, en esta práctica no se ha reflejado este efecto, en las cantidades de consumo de material orgánico fresco, pues de acuerdo con Román et. al (2013), el proceso para alcanzar un compostaje estabilizado e iniciar la maduración, tarda entre 6 meses a 12 meses; lo que significa que requiere más tiempo del utilizado en esta práctica, por lo tanto, no se logró observar los efectos de consumos microbiológicos a mediano plazo de seis meses o más, con la lombricompostera en piso de tierra y contrastarla con la de cemento.

### ***6.2.3. Análisis químico de las lombricompostas de cada lombricario***

Como se indica para el análisis químicos del anexo 2, hay varios indicadores importantes a observar en los abonos orgánicos tales como: pH, relación C/N, CICE. Después de 3 meses de un proceso de lombricompostaje, los resultados de los análisis nos indican la estabilidad del

sistema, en relación a los resultados expuestos en anexo 2, se puede afirmar que, la actividad realizada en piso de tierra, es un poco más estable que el lombricompostaje realizado en cemento.

Lo anterior, reflejado en el pH, donde es neutro en lombricompost proveniente de piso tierra y alcalino en piso de cemento; como es bien conocido para garantizar la fertilidad del abono, se debe contar con un pH neutro.

También el CICE (capacidad de intercambio catiónico efectiva), es un indicador de la estabilidad, según INTAGRI (2024), una alta CICE les brinda mayor capacidad para retener nutrientes, eso normalmente los hace más fértiles, por lo general, estos son, aquellos con altos contenidos de arcilla y/o materia orgánica. Así mismo documenta, que para un suelo fértil o material orgánico, el rango de CICE debe estar entre 200 – 400 (meq/100g).

Según el anexo 2, la muestra sacada de piso tierra presenta un mayor CICE con un dato de 190 cmol (+)/l; lo cual es un dato próximo del CICE extraído del análisis en piso de tierra, dando la calidad para el inicio de producción de abono. La importancia de mantener los parámetros en rango o cercanos a ellos, es reflejado posteriormente al proceso de lombricompostaje, cuando se le dará uso como enmienda orgánica; mejorando las propiedades físicas del suelo, e incrementando la infiltración de agua, todo esto favorecería la proporción de nutrimentos a las plantas y disminuye las pérdidas por erosión.

La relación C/N, en el análisis de ambos sistemas nos muestran, una cantidad alta de disponibilidad de nitrógeno para el crecimiento microbiano, por lo que concuerda con el tipo de proceso de producción de lombriabono que se realizó, donde los desechos orgánicos no tuvieron un pretratamiento y fueron incluidos de forma inmediata a los tratamientos con las lombrices, es decir no hubo precomposta.

Palau (2020), sugiere que lo más recomendable es darles un previo tratamiento a los desechos (lo que se conocerá como precomposta), con un tiempo de hasta 120 días, para después ofrecerlo a las lombrices, y así estabilizar la relación entre carbono/nitrógeno de unos 25/1, y estabiliza la actividad microbiana del proceso de humificación. El hacer ese pretratamiento de los desechos orgánicos tiene sus pro y contra; entre los cuales están:

### Desventajas

- Se necesita de más espacio para procesar los desechos orgánicos.
- Se necesita más mano de obra en la actividad; ya que habría un procedimiento extra a realizar.

### Ventajas

- Mitiga el riesgo de dañar gravemente a las lombrices con desechos frescos que con el inicio del proceso de descomposición son muy inestables tanto en pH, temperatura, granulometría y humedad.

El alimento ofrecido a las lombrices, tras el pre compostaje, es más disponible y como consecuencia habrá una rápida colonización y consumo de estos materiales en la lombricompostera. Pese a que este paso implica más esfuerzo en la producción de abono orgánico, es la forma más segura de protección a las lombrices, y en proyectos a largo y mediano plazo se hace necesario, donde se minimizan riesgos de caída de producción de abonos.

En este trabajo, no se contempló esta posibilidad, debido al corto tiempo disponible, solo 3 meses, como se observa en estos resultados. Un efecto de esto se observó, en piso de cemento, al tener gran cantidad de nitrógeno disponible, se generó amoníaco, gas volátil, con leve alcalinidad, que conlleva a una disminución del nitrógeno; y como resultado un pH aumentado, y un posible un factor de riesgo a provocar la enfermedad de gozo ácido.

#### ***6.2.4. Sección 3. Estudio de costos de producción de los sistemas de lombricompostaje desarrollado***

Como se observa en la tabla 8, el monto sobre el costo de ambos sistemas es muy diferentes; siendo el sistema de piso de cemento más costoso, por su estructura sólida y elaborada (arquitectónicamente), con una diferencia de 5, 336, 000 colones, respecto a piso de tierra.

En el momento de ejecutar el sistema, en un modelo realista, se deben considerar ciertos costos importantes para el avance de la actividad de lombricompostaje entre los cuales tenemos; el precio del terreno sea arrendado o comprado (donde se establezca el sistema), cargos

municipales, cercas perimetrales, otros gastos secundarios como tecnología de sistemas de riego y sistemas eléctricos para alimentar los diferentes aparatos que se utilicen. Para efectos teóricos de este documento se considera, los costos de la tabla 8 como los principales, para el inicio y arranque básico del sistema.

Un ítem que notamos como fundamental en la producción de lombricompostaje es el suministro de agua, en el sistema de piso de cemento tiene un coste menor, sin duda la estructura de construcción hace que en época de verano compense la poca humedad ambiente y evita las pérdidas de este líquido; en contra parte el sistema de piso de tierra no tiene la ventaja de conservación del agua en época de verano, por lo se incurre en un gasto mayor en este rublo, esto se observó en la práctica donde hubo un gran problema con el efecto de baja humedad.

Posteriormente, como medida a este problema, se tuvo que modificar el sistema, colocando entre el piso tierra y la cama de lombricompostaje un sarán/sacos, así como encima de este lombricompostaje dos capas de sarán/sacos y el plástico negro, con el fin de mitigar el efecto de baja humedad en la época de verano que se ejecutó la práctica e intentar la normalidad en la actividad de las lombrices, la cual se logró y se procedió a seguir con el experimento. Lo que económicamente hablando no significa mucho pero si es recomendable aplicar desde el inicio.

En el proyecto de lombricultura el dinero de inversión es fundamental para determinar el tiempo de recuperación del dinero, la vida útil debe ser mayor al tiempo de la recuperación del dinero, sino este se tornaría en proyecto muerto, como lo menciona Nieves (2012) el período de recuperación o Pay Back del proyecto se estima en la recuperación de la inversión inicial, este tiempo generalmente toma años, pero mientras más bajo sea la inversión inicial es menos riesgosa, así por ejemplo posterior a la modificación del sistema de tierra, esta actividad tiene un criterio de menor riesgo por su baja inversión inicial comparándolo al sistema de cemento estructural.

## 7. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- En los 2 primeros meses se les proporcionó la misma cantidad de alimento fresco, y cada vez que se revisaron los lombricultivos se observó los mismos consumos, transformando en abono orgánico los residuos frescos originales al mismo tiempo, hay consumos similares en ambos sistemas.

- El lombricompostaje es una actividad muy versátil a desarrollar, por lo que se puede realizar en múltiples formas de producción o métodos, una alternativa más; es el método de piso de tierra, que abre las posibilidades para que sea aplicable tanto por una persona como por una organización, a mínima escala como a gran escala industrial con la ventaja de tener menos restricción de terreno, estructura y presupuesto; a diferencia de otros métodos (estructuras) donde hay construcciones de camas.

- En el sistema de piso de tierra se debe de buscar un mejor método de aclimatación de lombrices, ya que el plástico negro 4 micras utilizado tiene un efecto de recalentamiento de la cama de lombricomposta, y en etapas tempranas del lombricompostaje las lombrices son más sensibles a la temperatura, ya que la capa entre el suelo y el plástico son estrechas (unos 10 centímetros máximo). En esta práctica se corrigió ese problema, con el uso de sarán/sacos plástico; utilizando 3 capas y el plástico negro como material inorgánico; pero hay alternativas ecológicas como utilizar una capa de heno o ramas secas encima del lombricompostaje, lo cual tiene como función la protección para las lombrices y crea un ecosistema más favorable, donde las lombrices se pueden desarrollar de forma adecuada .

- El factor agua (humedad) determina en gran parte el éxito de este tipo de proyecto lombrícola, puesto que si se mantiene en niveles del 70% de humedad o mayores el sistema trabajará. Este factor agua debe ser mayormente monitoreado en el sistema de piso de tierra, ya que es más susceptible a bajar el porcentaje de humedad de la cama para el hábitat adecuado de las lombrices y su desarrollo, según la práctica realizada es crítico en época de verano. Se recomienda poner mayor atención a esta situación en la época seca.

- Se recomienda la utilización de un precompostaje de las frutas y verduras en barriles o contenedores plásticos en los que se descompone la materia orgánica y sus lixiviados se preservan;

de esta forma los lixiviados serían la fuente de humedad al utilizarlos en la lombricomposta. De esta forma se reduce el uso de agua potable y por ende el costo de esta.

- Se recomienda el empleo de un sistemas de riego automatizado, para realizar una utilización más eficiente del agua (esto específicamente en épocas de verano). Usar un termómetro para medir la temperatura de los desechos orgánicos, que ofrecerá a las lombrices (no sobrepasar los 28 °C). La tecnología hace que se optimice el sistema de lombricompostaje.

- La Universidad Nacional de Costa Rica podría considerar la implementación del sistema de lombricompostaje en piso de tierra, con una cobertura de 3 capas de sarán/sacos para procesar los desperdicios orgánicos del campus Omar Dengo, ya que; la FESL en Barva de Heredia como sitio aledaño a la institución, cumple con todos los requisitos idóneos para desarrollarlo. Tienen la cepa de lombrices, el área a campo abierto suficiente, la maquinaria agrícola (si se desea utilizar) y el personal entrenado (colaboradores de finca, académicos y estudiantes del área de agronomía), para desarrollar la práctica a mayor escala.

## 8. REFERENCIAS

- Barrientos, Z. (2010). *Generación y gestión de residuos sólidos ordinarios en la Universidad Nacional de Costa Rica: patrones cuantitativos y sociológicos*, (vol. 2(2)): pág. 133-145.  
<https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/13993/barrientos-residuos-2010.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Blanco, V. M. (2023). *El vermicompostaje una alternativa para potenciar la agricultura urbana*. (vol.10 no.1).  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s2409-16182023000100090](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2409-16182023000100090)
- Canales Gutiérrez, Á. Solís Ramos, B. Panca Castañeda, R. & Quispe Cáceres, B. (2020). *Crianza de Eisenia foetida (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico*.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1726-22162020000200087&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1726-22162020000200087&lang=es)
- Chavés Porras, Á., Rodríguez, A., & Gonzáles, F. (2013). *Análisis de la dinámica biológica presente en un sistema piloto de lombricultura para el manejo de biosólidos provenientes de aguas residuales*. (ed. redalcy, pág. 12-22).  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75029150002>
- Comisión de Trabajos Finales de Graduación, División de Educación Básica – CIDE (2020). *Definición y especificaciones de las Modalidades de TFG y Lineamientos para la elaboración, presentación y aprobación de Trabajos Finales de Graduación*. (https://www.cide-basica.una.ac.cr/index.php/docs?download=12:especificaciones-modalidades-y-lineamientos-de-tfg. p.12)

Duarte, Estefanni (sf). *Enfermedades y plagas de lombriz roja*. Consultado el 18 de enero del 2026. <https://es.scribd.com/document/522444845/ENFERMEDADES-Y-PLAGAS-DE-LA-LOMBRIZ-ROJA-CALIFORNIANA>

Durán, L., & Henríquez, C. (Eds.). (2009). *Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (Eisenia foetida)*. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43613279011.pdf>

Espinoza Ramírez, J. (2012). *Módulo educativo: integralidad entre los espacios educativos tradicionales y procesos de aprendizajes holistas en las ciencias agrarias para la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional*. [Universidad de Costa Rica]. <https://cedi.ucr.ac.cr/arquitectura/modelo-educacional-integralidad-entre-los-espacios-educativos-tradicionales-y-procesos-de-aprendizajes-holistas-en-las-ciencias-agrarias-para-la-finca-experimental-santa-lucia-de-la-universidad-nacio/>

Fernández, V. (2020). *El problema de la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. 360 soluciones verdes*. <https://www.360-sv.com/blog/residuos>

Flores Pincay, Eder Alexander (2025). *Producción de humus de lombriz roja californiana Eisenia foetida en diferentes sustratos y densidades de crianza*. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 36p. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12968>

Fuentes Yagüe, Jose (1987). *La crianza de la lombriz roja*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Servicio de extensión agraria, Madrid. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1987\\_01.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_01.pdf)

Gómez, Ricardo (2008). *Lombricultura opción sostenible y productiva*. Info agro Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1481.PDF>

Guanche García, A. (2015). *Las lombrices y la agricultura*.

[https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/agec\\_562\\_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf](https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf)

Guerra Plazas, Carolina Diana (2020, noviembre). *Diseño e implementación de un proyecto de*

*lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos*

*sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)*. Universidad Nacional

Abierta y a Distancia –UNAD Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio

Ambiente Ingeniería Ambiental. Consultado el 5 de agosto de 2025.

<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/38719/1/dcguerrap.pdf>

Herrera M, J; Rojas M, J; Anchia L, D (2016). *Tasas de generación y caracterización de*

*residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana Costa Rica*.

Revista Geográfica de América Central, vol. 2, núm. 57. Universidad Nacional.

Consultado el 27 de agosto de 2025.

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/download/8902/11708?inline>

=1

INTAGRI. (2024). *La capacidad de intercambio catiónico del suelo*. (ed. intagri).

[https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-](https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo)

suelo - esta información es propiedad intelectual de intagri s.c., intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial.

Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (2022). *Manuales*

*prácticos para la elaboración de bioinsumos 14. humus de lombriz*.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14\\_humus\\_de\\_lombriz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14_humus_de_lombriz.pdf)

Instituto para la autosuficiencia local (2024). *La prueba de humedad del “apretón” para una pila de compost*. Consultado el 18 de enero de 2026. <https://ilsr.org/wp-content/uploads/2024/03/La-Prueba-de-humedad.pdf>

León Castro, A. F. (2013). *Manual de lombricultura en casa*. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-atacama/medio-ambiente/manual-de-lombricultura-en-casa/44361362>

Nieves Barreiro, David (2012, julio). *Evaluación económica de un proyecto de lombricultura*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Economía. Consultado el 5 de agosto de 2025. <http://espartaco.azc.uam.mx/tesis/X19160>

Martínez Rodríguez, F, Bernardo J. Calero Martín, B, Rogelio Nogales Vargas, R; Machuca Luciano Rovesti, L. (2003) *Lombricultura manual práctico*. Impreso por unidades de producción gráfica MINREX. [https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Rovesti/publication/317249017\\_Lombricultura\\_Manual\\_practico/links/5b3c1e0c0f7e9b0df5ec6dc5/Lombricultura-Manual-practico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Rovesti/publication/317249017_Lombricultura_Manual_practico/links/5b3c1e0c0f7e9b0df5ec6dc5/Lombricultura-Manual-practico.pdf)

Maqueira Reyes, Diosbel; Darien Miranda Pérez, Darien; Maryory Solana Díaz López, Maryory; Yuneisy Ravelo Arteaga, Yuneisy; Reinier Izquierdo Díaz, Reinier (2022). *Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos*. rnp: 2178 / issn. 2076-281x -- ecovida vol.12 no.3. <file:///c:/users/50672/downloads/dialnet-comportamientoproductivoreproductivoymorfometriade-9439256.pdf>

- Mejía Araya, P. (sf). *Manual de lombricultura*. Consultado el 5 de mayo de 2023, <https://casamatycuenca.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/08/manual-de-lombricultura.pdf>
- Mellado Vargas, N. (2010). *Guía práctica para el cálculo de costos de producción y determinación de precios*. (academia.edu). [https://www.academia.edu/20024555/3\\_gu%c3%ada\\_pr%c3%a1ctica\\_para\\_el\\_c%c3%a1lculo\\_de\\_costos\\_de\\_producci%c3%b3n\\_y\\_determinaci%c3%b3n\\_de\\_precios](https://www.academia.edu/20024555/3_gu%c3%ada_pr%c3%a1ctica_para_el_c%c3%a1lculo_de_costos_de_producci%c3%b3n_y_determinaci%c3%b3n_de_precios)
- Mohite, DD, Chavan, SS, Jadhav, VS et al. (2024). *Vermicompostaje: un enfoque holístico para la producción sostenible de cultivos, biofertilizantes ricos en nutrientes y la restauración ambiental*. *Discov Sustain* 5, 60 (2024). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00245-y>
- Moreno, J (sf) *La lombricultura*. Revista académica EDU. Consultado el 15 de mayo de 2025. [https://www.academia.edu/14745924/La\\_lombricultura](https://www.academia.edu/14745924/La_lombricultura)
- Ministerio de Salud. (2023). *2020 aumentó en 8% la generación de residuos, en comparación al 2019*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/52-noticias-2022/1220-2020-aumento-en-8-la-generacion-de-res>
- Palau, M. C. (2020). *Relación carbono / nitrógeno*. (ed. humusuy). <https://humusuy.com/contactenos>
- Pascual-S. Izquierdo, R., & Venegas Yuste, S. (2014). *La materia orgánica del suelo papel de los microorganismos*. Consultado el 24 de octubre de 2023. <https://www.ugr.es/~cjl/mo%20en%20suelos.pdf>

- Ramírez Gerardo, Guadalupe Marithza, Vázquez-Villegas Sergio, Méndez-Gómez Gloria Isabel, Mejía-Carranza Jaime (2021). *Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México*. CienciaUAT 16( 1 ): 150-161. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582021000200150&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582021000200150&lng=es). Epub 13-Dic-2021. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1518>.
- Reines Álvarez, M., Rodríguez Aragonés, C., Sierra Padiz, A., & Vásquez G, M. (1998). *Lombrices de tierra con valor comercial. Biología y técnicas de cultivo* (c. m. mulia, ed.). Primer centenario de la Fundación Chetumal. [https://www.google.co.cr/books/edition/lombrices\\_de\\_tierra\\_con\\_valor\\_comercial/xkfmhsqqqvyc?hl=es&gbpv=1&dq=lombricultura+libros&pg=pa8&printsec=frontcover](https://www.google.co.cr/books/edition/lombrices_de_tierra_con_valor_comercial/xkfmhsqqqvyc?hl=es&gbpv=1&dq=lombricultura+libros&pg=pa8&printsec=frontcover)
- Restrepo, E., Orrego Álzate, C., & Cardona Álzate, C. (2007). *Lombricultura (primera)*. Sena. <https://digital.fontagro.org/wp-content/uploads/2018/10/lombricultura.pdf>
- Román, P, Martínez, M, Pantoja, A (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. ISBN 978-92-5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF) © FAO, 2013. Consultado el 5 de agosto 2025. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Romero Romano, Carlos Osvaldo; Ocampo Mendoza, Juventino; Sandoval Castro, Engelberto; & Tobar Reyes, José Refugio. (2018). *Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (Eisenia foetida)*. Centro Agrícola, 45(4), 68-74. Consultado el 20 de

octubre de 2025. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&tlng=es).

Rubio Rodríguez, Laura (2023). *Caracterización físico-química y comparación abonos orgánicos producidos a partir de estiércol por medio de lombricultura en Concá*. Arroyo Seco, Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/8205/1/RI007357.pdf>

Ruíz Morales, M. (2011). *Taller de elaboración de lombricomposta porque tener lombrices nos beneficia a todos...* <https://ibero.mx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>

Rhonda Sherman (2021). *Cría de lombrices de tierra (Eisenia fetida) para una empresa comercial*. Ciencias Hortícolas. NC state, Carolina del Norte. Fecha de publicación: 28 de septiembre de 2021. AG-641. <https://content.ces.ncsu.edu/raising-earthworms-successfully>

Schuldt, M. (2006). *Lombricultura. Teoría y práctica* (u. n. l. p. fac. bellas artes, ed.). Mundi-prensa libros. <https://books.google.hn/books?id=gru078m8nzyc&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Schuldt, Miguel, & Testa, H. (2011). *Reconversión de residuos de lúpulo mediante lombricompostaje. Aceptación de sustratos en bandejas y reprobología* (test p5l). Redvet. Revista electrónica de veterinaria 2011, 12(1696–7504), 9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63621919006>

Schweizer Lassaga, S. (2011). *Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad* (1a ed. cencood - inta). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>

Somarriba Reyes, R., & Guzmán Guillén, F. (2004). *Guía de lombricultura*. <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>

Universidad Nacional de Costa Rica (2024, 3 de noviembre) *Finca Experimental Santa ucia*. Escuela de Ciencias Agrarias. <https://www.agrarias.una.ac.cr/index.php/pages/fesl>

Weather Spark (24 de octubre de 2025). *Datos históricos de temperatura en Heredia año 2024*. [https://es.weatherspark.com/h/y/15525/2024/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2024-en-Heredia-Costa-Rica#google\\_vignette](https://es.weatherspark.com/h/y/15525/2024/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2024-en-Heredia-Costa-Rica#google_vignette)

## 9. ANEXOS

### Anexo 1.



### Informe de Análisis Microbiológico

Departamento de Bioprocesos

Fecha Recepción:

06/08/2024

Cliente: Cesar Herrera

Tipo de muestras: Suelo

Contacto: José Pablo M.





#### Metodología:

Las muestras suministradas fueron procesadas por medio de la técnica de dilución decimal, misma que, para determinar el crecimiento de los microorganismos, se utilizaron medios de cultivo como Papa Dextrosa Agar (PDA) para determinación de hongos y levaduras, Agar Nutritivo (AN) para el cultivo bacteriano, Agar Actinomicetes (ACT) para la determinación de actinomicetos y Agar *Pseudomonas* (Ps) para el cultivo de *Pseudomonas* spp.

Se realizó el recuento de las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/gr) mediante su conteo en las placas de cultivo, siendo establecidas tres repeticiones por prueba.

#### Muestra 1: Piso Cemento, pH: 7,5

Cuadro 1. Resultados de análisis microbiológico, Piso Cemento.

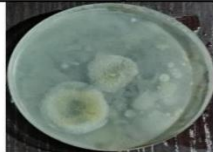



Hongos (ND)	Actinomicetes ( $2,00 \times 10^5$ UFC/gr)	Bacterias Aerobias ( $1,06 \times 10^6$ UFC/gr)	<i>Pseudomonas</i> (INC)
			

\*INC: Incontable, ND: No determinada

Anaerobiosis ( $7,00 \times 10^5$  UFC/gr)



**Muestra 2: Piso Tierra, pH: 7,0****Cuadro 2.** Resultados de análisis microbiológico, Piso Tierra.

Hongos ( $6,00 \times 10^4$ UFC/gr)	Actinomicetes ( $3,05 \times 10^5$ UFC/gr)	Bacterias Aerobias ( $1,95 \times 10^7$ UFC/gr)	<i>Pseudomonas</i> (INC)
			

\*INC: Incontable

Anaerobiosis ( $1,70 \times 10^6$  UFC/gr)

Dentro de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de las muestras brindadas, se evidencia lo siguiente:

En ambas muestras procesadas, se encuentra alta presencia de levaduras.

Se evidencia la presencia de *Pseudomonas spp* en las dos muestras cultivadas.

Por medio del uso de la cámara de anaerobiosis, se registra la presencia de bacterias anaerobias en ambas muestras.

Se determina en las dos muestras procesadas una alta presencia de bacterias aerobias, bacilares, gram negativas.



José Pablo Mora Gamboa  
Encargado de Laboratorios  
Doctor Obregón



Ing. Agr. Tania Alvarado Sánchez  
Regente Agrícola

**Laboratorios Dr. Obregón**  
Oficina central: 2293-0394  
Celular: 6196-8990  
Sarapiquí: 2761-0668

## Anexo 2.



PRT-LASAF-010 HE-01  
Pág.1de 3

UNIVERSIDAD NACIONAL  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS FORESTALES



Versión 02

### REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y FOLIARES

#### Datos generales

<b>N° de Reporte</b>	IS-027-2024 (1-2)	<b>Muestreado por:</b>	Cliente
<b>Nombre del cliente<sup>a</sup>:</b>	César Herrera Castillo	<b>Procedimiento de muestreo:</b>	NA
<b>Dirección del cliente<sup>a</sup>:</b>	Heredia, San Rafael, Santiago	<b>Plan de muestreo:</b>	NA
<b>Teléfono del cliente<sup>a</sup>:</b>	7043-3320	<b>Fecha de muestreo:</b>	NA
<b>Tipo de muestra</b>	suelos	<b>Fecha de ingreso:</b>	27 de junio del 2024
<b>Cantidad de muestras:</b>	2	<b>Fecha de emisión:</b>	12 de julio del 2024

#### Notas

1. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de análisis de suelos y foliares, Barva de Heredia
2. Las muestras analizadas referentes al siguiente reporte se mantendrán en custodia por un mínimo de 3 meses una vez emitido el reporte, transcurrido este tiempo se procederá a desechar.
3. El laboratorio de suelos y foliares cuenta con el permiso de funcionamiento bajo el código 501-2023
4. El presente reporte abarca exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo
5. No se permite la reproducción parcial de este reporte de resultados
6. El laboratorio no se hace responsable del muestreo, los resultados se aplican a la muestra como fue recibida
7. La condiciones del laboratorio a las cuáles se lleva a cabo los ensayos son: temperatura entre (18-25) °C y humedad relativa menor a 80 %
8. Toda la información que se encuentre con el superíndice "a" es la información suministrada por el cliente, por lo tanto, el Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliarios no se hace responsable de esta información.

Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliarios  
Santa Lucía de Barva de Heredia  
Tel (506) 2562-4620



PRT-LASAF-010 HE-01  
Pág.2de 3

UNIVERSIDAD NACIONAL  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS FORESTALES



Versión 02

#### Resultados de análisis

N° Muestra: IS-027-2024 (1) Descripción de la muestra 1: Muestra rotulada como <sup>o</sup>: Compostaje, abono piso cemento

Análisis	Unidades	Fecha de análisis	Resultado	Procedimiento de análisis
**pH	UpH	7/9/2024	8.88	PMA-001
**Conductividad eléctrica	ms/cm	7/9/2024	2.34	PMA-010
**Carbono total	%	7/9/2024	2.0	PMA-013
**Nitrógeno total	%	7/9/2024	21	PMA-013
**Acidez	cmol (+)/l	7/8/2024	0.19	PMA-009
**Calcio	cmol (+)/l	7/9/2024	129	PMA-005
**Magnesio	cmol (+)/l	7/9/2024	11	PMA-005
**Potasio	cmol (+)/l	7/9/2024	36	PMA-005
**CICE	cmol (+)/l	7/9/2024	176	NA
**Fósforo	mg/l	7/9/2024	1236	PMA-003
**Cobre	mg/l	7/9/2024	7.2	PMA-005
**Zinc	mg/l	7/9/2024	61	PMA-005
**Manganeso	mg/l	7/9/2024	37	PMA-005
**Hierro	mg/l	7/9/2024	35	PMA-005
**Sat acid %	%	7/9/2024	0	NA
**Sat Ca %	%	7/9/2024	73	NA
**Sat Mg %	%	7/9/2024	6	NA
**Sat K %	%	7/9/2024	20	NA
**Ca/Mg	NA	7/9/2024	12	NA
**Ca/K	NA	7/9/2024	4	NA
**Ca+Mg/K	NA	7/9/2024	4	NA

\*\* Ensayos no acreditados

ND: No detectable

Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliares  
Santa Lucía de Barva de Heredia  
Tel (506) 2562-4620



PRT-LASAF-010 HE-01  
Pág.3de 3

UNIVERSIDAD NACIONAL  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS FORESTALES



Versión 02

### Resultados de análisis

N° Muestra: IS-027-2024 (2) Descripción de la muestra 1: Muestra rotulada como <sup>3</sup>: Compostaje, abono piso tierra

Análisis	Unidades	Fecha de análisis	Resultado	Procedimiento de análisis
**pH	UpH	7/9/2024	7.04	PMA-001
**Conductividad eléctrica	ms/cm	7/9/2024	1.50	PMA-010
**Carbono total	%	7/9/2024	1.4	PMA-013
**Nitrógeno total	%	7/9/2024	17	PMA-013
**Acidez	cmol (+)/l	7/8/2024	0.094	PMA-009
**Calcio	cmol (+)/l	7/9/2024	160	PMA-005
**Magnesio	cmol (+)/l	7/9/2024	18	PMA-005
**Potasio	cmol (+)/l	7/9/2024	12	PMA-005
**CICE	cmol (+)/l	7/9/2024	190	NA
**Fósforo	mg/l	7/9/2024	954	PMA-003
**Cobre	mg/l	7/9/2024	4.5	PMA-005
**Zinc	mg/l	7/9/2024	96	PMA-005
**Manganeso	mg/l	7/9/2024	18	PMA-005
**Hierro	mg/l	7/9/2024	278	PMA-005
**Sat acid %	%	7/9/2024	0	NA
**Sat Ca %	%	7/9/2024	84	NA
**Sat Mg %	%	7/9/2024	9	NA
**Sat K %	%	7/9/2024	6	NA
**Ca/Mg	NA	7/9/2024	9	NA
**Ca/K	NA	7/9/2024	13	NA
**Ca+Mg/K	NA	7/9/2024	15	NA

\*\* Ensayos no acreditados

ND: No detectable

### Referencia del procedimiento de Análisis

Código del procedimiento	Nombre del procedimiento	Referencia	Rango de trabajo
PMA-LASAF-001	Determinación de pH en suelos	FAO: GLOSOLAN-SOP-06	4 UpH a 10 UpH
PMA-LASAF-010	Determinación de conductividad eléctrica en	FAO: GLOSOLAN-SOP-07	5 µS/cm a 700 µS/cm

DIANA CHARIT  
MORA CAMPOS  
(FIRMA)

Diana Mora Campos  
Química  
Coordinadora técnica

RAFAEL ANGEL  
MURILLO CRUZ  
(FIRMA)

Rafael Murillo Cruz  
Ingeniero Forestal  
Coordinador operativo

Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliare  
Santa Lucía de Barva de Heredia  
Tel (506) 2562-4620

*Anexo 3.*

ING. HENRY DANIEL ARAYA ARAYA



Ingeniero Civil – CFIA IC22158

---

**PROYECTO**

Instalación para lombrices

**AREA DE INSTALACIONES**

60m<sup>2</sup>

**SOLICITA**

César Agustín Herrera Castillo

**FECHA**

20 de junio del 2024

ING. HENRY DANIEL ARAYA ARAYA



Ingeniero Civil – CFIA IC22158

**Oferta Económica**

#074-2024

**En atención a:**

**César Agustín Herrera Castillo**  
**Cédula: 1-1366-0482**

Por este medio presento **formal oferta que incluye lo siguiente:**

Instalaciones para lombrices con un área de 60m<sup>2</sup>  
 Sócalo de 60cm de alto en bloques de concreto  
 Forro perimetral en sarán negro  
 Estructura y cubierta metálica  
 Chorrea de piso en concreto  
 Divisiones internas en block  
 Rellenos de tierra para lombrices  
 Incluye materiales y mano de obra

**MONTO TOTAL DE LA OFERTA**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Instalación para lombrices	60	m <sup>2</sup>	4,800,000.00
<b>IVA</b>			<b>¢624,000.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>¢5,424,000.00</b>

**Monto en letras:** Cinco millones cuatrocientos veinticuatro mil colones con 00/100

**VIGENCIA DE LA OFERTA:**

- 30 días naturales

**FORMA DE PAGO:**

- 20% contra inicio de trabajos.  
 - 80% contra entrega.

Sin más por el momento se despide;

**Ing. Henry Daniel Araya Araya**  
**Carné CFIA IC-22158**

Móvil: (506) 8703-0493 - E-mail: [aravaaraya\\_1@hotmail.com](mailto:aravaaraya_1@hotmail.com) – San Ramón de Alajuela Costa Rica