

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE LOMBRICULTURA PARA LA
PRODUCCION DE ABONO ORGANICO EN LA PLANTA DE DISPOSICION FINAL
EL ALGARROBO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DEL GUAVIARE-GUAVIARE**

MABEL JULIETH LOPEZ OBREGON



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
PAMPLONA**

2022

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE LOMBRICULTURA PARA LA
PRODUCCION DE ABONO ORGANICO EN LA PLANTA DE DISPOSICION FINAL
EL ALGARROBO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DEL GUAVIARE-GUAVIARE**

MABEL JULIETH LOPEZ OBREGON

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

DIRECTOR:

PHD. FIDEL ANTONIO CARVAJAL SUAREZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA.

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PAMPLONA

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

Pamplona junio de 2022

Dedicatoria

Hoy día doy gracias primeramente a Dios por haberme dado la fortaleza, la paciencia y la sabiduría para hacer posible de este sueño una realidad. A mi madre querida Sandra López y mi tía Icdaly López, quienes nunca me abandonaron y siempre creyeron en mí, me han dado siempre los mejores consejos para ser una excelente persona y han influido en mi crecimiento personal como profesional. A mi abuela y demás familiares que confiaron en mí, gracias por el acompañamiento durante este arduo proceso.

MABEL JULIETH LOPEZ

Agradecimientos

Estoy agradecida con mi madre por haberme apoyado en todo momento a pesar de las adversidades, gracias a mi tía Icdaly porque tuvo un rol importante en el transcurso de esta gran experiencia y sin su apoyo este proyecto no hubiese sido posible.

Agradezco a familiares que lograron creer en mí, a mis amigos de estudio Andres Blanco y Daniela Amado por no permitirme desfallecer así que de ese modo también la hago participe de este logro obtenido.

A mi director, el ingeniero Fidel Antonio Carvajal Suarez por su asesoría y acompañamiento durante este proyecto.

Estoy totalmente agradecida con la empresa Ambiental SA.ESP por haberme dado la confianza, el espacio, y el apoyo para fomentar mis conocimientos y aplicarlos en sus instalaciones.

Mis más sinceros agradecimientos a cada uno de ustedes.

MABEL JULIETH LOPEZ

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
generalidades.....	14
Planteamiento del problema.....	14
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
Marcos de referencia.....	17
Marco teórico	17
¿Qué es la lombricultura?	17
Tipo de lombrices	18
clasificación y taxonomía de la lombriz	20
Anatomía de la lombriz roja californiana	21
Ciclo de vida y reproducción.	26
Condiciones ambientales para su desarrollo.	28
Características favorables del abono de lombriz	30
Humus de Lombriz	31
Sanidad de las lombrices.....	32
Enemigos de las lombrices.....	32
Ventajas de la lombricultura	34
Antecedentes	36
Compostaje	38
Fases del proceso de compostaje	39
Parámetros a Tener en Cuenta para el Proceso de Compostaje	40
Tiempo Para Obtener Compost Maduro	41
Sistemas y técnicas para el compostaje	42
Marco conceptual.....	49
Marco legal	55

Marco contextual	60
Localización.....	60
Población.....	61
Clima.....	61
Metodología	62
Resultados	64
Identificación del estado inicial de las instalaciones a emplear.....	64
Implementación de camas piloto para monitoreo técnico de las condiciones ambientales óptimas del proceso de lombricultura.....	66
Determinar la cantidad y características de los residuos sólidos orgánicos aptos a tratar.	69
Evaluar los rendimientos de producción y calidad del abono humus producido.....	77
Definición de la infraestructura de la zona destinada para el área de lombricultivo en la planta de aprovechamiento de rso del algarrobo del municipio de san José del Guaviare-Guaviare.	86
Conclusiones	88
Recomendaciones	89
Bibliografía	90

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Morfología de la lombriz.....	21
FIGURA 2.	Corte transversal de la Eisenia foetida.	22
FIGURA 3.	Aparato digestivo de la Eisenia foetida.....	23
FIGURA 4.	Sistema circulatorio de la Eisenia foetida.	24
FIGURA 5.	Ciclo de vida de la lombriz roja californiana.	27
FIGURA 6.	Dinamica del proceso de degradacion en compostaje.....	38
FIGURA 7.	Degradacion del material por cada una de las etapas del compostaje.....	40
FIGURA 8.	Parametros que se tienen en cuenta en compostaje.....	40
FIGURA 9.	Estructura para la construccion de pilas estaticas con aireacion pasiva.....	45
FIGURA 10.	Detalle de pilas con aireacion pasiva.	45
FIGURA 11.	Detalle de pilas estaticas con aireacion activa.	46
FIGURA 12.	pala cargadora volteando pila de compost.	47
FIGURA 13.	Pila con volteo.....	48

FIGURA 14.	Dimensiones características de pilas estáticas.	48
FIGURA 15.	Localización del municipio de San José del Guaviare.	60
FIGURA 16.	Diagrama proceso del proyecto.....	63
FIGURA 17.	Evidencia del estado en que se encontró la zona.	64
FIGURA 18.	Adaptación del terreno	65
FIGURA 19.	Control de roedores y vectores.....	66
FIGURA 20.	Proceso de desagüe en las camas.	67
FIGURA 21.	Adecuación e instalación de recipientes para la recolección del lixiviado.	68
FIGURA 22.	Adecuación de polisorción encima de las camas.	68
FIGURA 23.	Recolección de materia prima a utilizar.	70
FIGURA 24.	Figura. Pesaje de la materia prima.	70
FIGURA 25.	Separación y caracterización de material orgánico.	71
FIGURA 26.	Trituración de materia prima y mezcla.	71
FIGURA 27.	Volteo, riego y toma de parámetros de la pila de sustrato.	72
FIGURA 28.	Siembra de la lombriz roja californiana.	73
FIGURA 29.	Alimentación, trampeo y extracción de abono humus.	74
FIGURA 30.	Toma de parámetros (Humedad, Ph, Temperatura)	75
FIGURA 31.	Hoyos para la oxigenación y el control de temperatura en las camas y rastreo. 76	
FIGURA 32.	Secado, cribado, empaque y almacenamiento de abono humus.....	76
FIGURA 33.	Evidencia de la reproducción de la Eisenia foetida (cocones y lombriz joven)..	78
FIGURA 34.	Proceso de germinación de semillas y siembra de plántulas.....	79
FIGURA 35.	Herramientas	80
FIGURA 36.	Vista planta Diseño de planta de residuos orgánicos	86

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Diferencia entre lombrices composteras y nativas.....	19
TABLA 2.	Contenido nutricional de las lombricompostas.....	30

TABLA 3.	Características para evaluar un compost maduro.....	41
TABLA 4.	Clasificación general de sistemas de compostaje	43
TABLA 5.	Seguimiento del lombricultivo.....	81
TABLA 6.	Planilla seguimiento de parámetros	82

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1.	Representación de la alimentación en Kg de las 5 cunas.....	83
GRAFICA 2.	Mediciones de PH en las 5 cunas.....	83
GRAFICA 3.	Mediciones de temperatura en las 5 camas	84
GRAFICA 4.	Mediciones de pH en las 5 camas.	85

Resumen

El municipio de San José del Guaviare actualmente está experimentando un crecimiento poblacional exponencial, lo que indica un alto índice de consumo de alimentos, y por ende el problema de que se generan grandes cantidades de residuos y no se manejan adecuadamente. De esta manera, nació la idea de diseñar el aprovechamiento de los desechos orgánicos, especialmente en la producción de abono humus, para reducir el impacto ambiental y así mejorar el medio ambiente y la calidad de vida.

La ejecución de este proyecto tuvo su realización en la planta de disposición final de la empresa de servicio de aseo de san José del Guaviare Ambientar SA ESP. Inicialmente, se hizo una revisión bibliográfica a gran profundidad para poder tener el conocimiento de lo que se quería implementar, de esta manera, se identificó el estado inicial de las instalaciones a emplear durante el proceso del lombricultivo. Teniendo en cuenta, el diagnostico situacional se implementaron un total de 5 camas piloto para efectuar el monitoreo técnico de las condiciones ambientales optimas del proceso de lombricultura. De este modo al obtener un producto final se hizo la evaluación de la calidad del abono y al mismo tiempo una valoración de los rendimientos de producción.

Una vez que se cumplieron los procesos mencionados anteriormente se culminó este sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) con la definición de la infraestructura de la zona destinada para dicho proceso en el municipio de san José del Guaviare.

.

PALABRAS CLAVES: Humus, lombriz, residuos orgánicos, abono, impacto ambiental, aprovechamiento.

Abstract

The municipality of San José del Guaviare is currently experiencing exponential population growth, which indicates a high rate of food consumption, and therefore the problem that large amounts of waste are generated and not properly managed. In this way, the idea of designing the use of organic waste was born, especially in the production of humus fertilizer, to reduce the environmental impact and thus improve the environment and quality of life.

The execution of this project was carried out in the final disposal plant of the sanitation service company of San José del Guaviare Ambientar SA ESP. Initially, a bibliographic review was carried out in great depth in order to have the knowledge of what was wanted to be implemented, in this way, the initial state of the facilities to be used during the vermiculture process was identified. Taking into account the situational diagnosis, a total of 5 pilot beds were implemented to carry out the technical monitoring of the optimal environmental conditions of the vermiculture process. In this way, when obtaining a final product, the evaluation of the quality of the fertilizer was made and at the same time an assessment of the production yields.

Once the processes mentioned above were completed, this system for the use of organic solid waste (RSO) was completed with the definition of the infrastructure of the area destined for said process in the municipality of San José del Guaviare.

.

KEY WORDS: Humus, earthworm, organic waste, fertilizer, environmental impact, use.

Introducción

A lo largo del tiempo se ha demostrado que uno de los principales problemas de la generación de residuos orgánicos e inorgánicos es su proceso de eliminación. Nos damos cuenta de que somos parte de una sociedad de alto consumo, lo que genera grandes problemas con la producción y la gestión de residuos. Cabe mencionar que la principal razón del impacto ambiental negativo de los residuos sólidos es su disposición ineficaz, y cada vez se generan más, lo cual está relacionado con el aumento de la población, el proceso de transformación industrial y los hábitos de consumo de los individuos.

En el presente trabajo se diseñó el sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de la tecnología de la lombricultura para el municipio de San Jose del Guaviare. Esta técnica inició en Estados Unidos, se extendió a Europa y eventualmente al resto del mundo, aplicando estándares y técnicas de producción, utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) para reciclar Residuos orgánicos biodegradables, y gracias a su ingestión, los anélidos convierten su estiércol en los más importantes abonos orgánicos que pueden ser utilizados en procesos de biorremediación, fertilización, mejora de la calidad del suelo, entre otros beneficios.

Es necesario recalcar que la actividad del lombricultivo al generar abono orgánico llamado humus y al emplearse permite perfeccionar los sistemas de producción agrícola, ya que brinda nutrientes al suelo para restaurar el deterioro de la tierra por la erosión continúa producida por ciertas explotaciones agrícolas, el uso de fertilizantes químicos y demás factores que degradan la tierra.

El proyecto, que se desarrolla en la planta de tratamiento final El Algarrobo de la empresa de servicios de limpieza AMBIENTAR SA ESP, tiene como objetivo aprovechar los residuos sólidos

orgánicos que ingresan a diario a estas instalaciones, al mismo tiempo que se reduce el uso de fertilizantes. Conocidos como humus, que a su vez les permite mejorar la calidad del suelo, recibir y aplicar nuevos conocimientos y métodos basados en buenas prácticas agrícolas, además, esto les permite producir sus propios fertilizantes, lo que significa costos significativamente más bajos.

generalidades

Planteamiento del problema

Con el tiempo, se ha logrado evidenciar un acelerado crecimiento poblacional en Colombia conllevando de esta forma a una alta tasa de consumo de alimentos para la familia y a su vez generando una elevada producción de residuos siendo el principal problema el de los residuos orgánicos e inorgánicos por su eliminación y manejo adecuado de los mismos. Ante esta situación se ha considerado aprovechar los residuos sólidos orgánicos (RSO) e implementar el reciclaje de subproductos que pueden ser aprovechables como una alternativa.

“Con el cambio continuo que se presenta en la sociedad, el crecimiento económico y falta de una estrategia eficaz de reciclaje, afectando directa e indirectamente factores medioambientales como la degradación, contaminación del suelo y la contaminación de cuerpos hídricos; las situaciones anteriormente descritas han contribuido al cambio climático, puesto que, se producen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)” (Velasquez, 2021).

“Actualmente, en Colombia se generan aproximadamente 10 millones de toneladas de residuos sólidos al año. De éstos, el 65% son de tipo orgánico y el 35% son residuos inorgánicos y cerca del 40% podrían aprovecharse, pero según la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación (DNP), solamente se recicla alrededor del 17%” ocasionando que el 22% de los 158 rellenos sanitarios que hay en el país estén sobresaturados o en sus últimos años de su vida útil por la alta demanda de residuos sólidos” (Velasquez, 2021).

De lo anterior, se desea responder a las preguntas ¿cuáles son las condiciones óptimas ambientales como: temperatura, pH, humedad, características físicas de los RSO y tiempo para establecer un sistema de lombricompostaje? Y así mismo, determinar ¿Cuál es el dimensionamiento de la planta de aprovechamiento de RSO?

Justificación

El diseño del proceso de lombricompostaje a través de la *Eisenia foetida*, más conocida como la “Lombriz roja californiana”, proporcionara a la empresa de servicios públicos de San José Del Guaviare Ambiental S.A E.S.P y al municipio una técnica biológica para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados.

En el área ambiental, el diseño del proceso de lombricompostaje contribuye en la reducción de los vertimientos de lixiviados y en las emisiones de los GEI que se generan en San José Del Guaviare, previniendo la alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo y contaminantes a cuerpos hídricos cercanos. A partir de dicho sistema se tiene como producto final un abono o fertilizante orgánico que ayuda como biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o descomposición.

El funcionamiento de este proyecto requerirá de personal para el funcionamiento adecuado de la planta y el tratamiento de los residuos, por consiguiente, la implementación de los resultados de este proyecto incrementará las fuentes de empleo, además de generar recursos económicos adicionales, ya que, con la transformación del sustrato se obtendrá un producto base del tratamiento biológico diseñado y desarrollado en el municipio.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar el proceso de lombricultura para la producción de abono orgánico en la planta de disposición final el algarrobo del municipio de san José del Guaviare-Guaviare.

Objetivos específicos

- Identificar el estado inicial de las instalaciones a emplear para el establecimiento del proceso de lombricultura.
- Implementar camas piloto para monitoreo técnico de las condiciones ambientales óptimas del proceso de lombricultura.
- Evaluar los rendimientos de producción y calidad del abono humus producido.
- Definir la infraestructura de la zona destinada para el área de lombricultivo en la planta de aprovechamiento de RSO del algarrobo del municipio de San José del Guaviare-Guaviare.

Marcos de referencia

Marco teórico

¿Qué es la lombricultura?

“La Lombricultura es una actividad agropecuaria que consiste en la crianza técnica de lombrices en cautiverio cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz el cual es un abono enteramente orgánico” (Somarriba & Msc. Fidel Guzman , guía de lombricultura , 2004).

“La lombricultura tiene un enfoque ecológico por el reciclaje que se realiza con los diferentes sustratos empleados en su alimentación, tiene además un enfoque tecnológico por los fenómenos microbiológicos y bioquímicos que ocurren en el proceso de fermentación de la alimentación de las lombrices a partir de materiales organicos, adicionalmente brinda una respuesta simple racional y económica al problema ambiental” (Somarriba & Msc. Fidel Guzman , guía de lombricultura , 2004).

Esta biotécnica, “se inició en EEUU, se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo; aplica normas y técnicas de producción utilizando las lombrices rojas californianas para reciclar residuos orgánicos biodegradables y, como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy disponible.

Con su actividad, participan en la fertilización, aireación, formación del suelo y es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la

agricultura. Se trata del Humus de lombriz, sustancia inodora parecida a la borra de café que, en comparación con la urea, es 5 veces superior en nitrógeno, fosforo, potasio y calcio.

Aún persiste la creencia de que las lombrices de tierra son dañinas en los almácigos, en realidad, por carecer de dientes y mandíbulas no pueden destruir las raíces porque su alimentación es micrófaga” (Díaz, 2002).

“La cría y reproducción de estos anélidos se efectúan en cunas apropiadas que pueden construirse de diferentes materiales. Dichas cunas, se tapan con poli sombras para evitar el accionar de los depredadores (batracios, ratas y/o pajaros)” (Díaz, 2002).

Tipo de lombrices

De acuerdo a la literatura, “se estima que hay en el planeta más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*); sin embargo, para el manejo de desechos orgánicos se utilizan Lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm. Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son (coqueta roja) y (lombriz roja de California), especies utilizadas en el 80% de los criaderos a nivel mundial Se habla de otras especies que pueden sobrevivir con altas concentraciones de desechos, sin embargo presentan cierta preferencia hacia algunos desechos; ellas son: *Lumbricus rubellus*, *perionyxexcavatus*, *bimastus sp* y *Eudrillus eugeniae*” (Cerdas, 2004).

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), “es una lombriz que consume diariamente una

cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica. Aunque un mismo individuo tiene ambos sexos se reproduce por fertilización cruzada, donde ambos ponen un capullo, llamado cocón, cada 10 - 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3 - 4 meses, cuando pasan a ser adultas. Las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo son una temperatura de 19 a 20 °C, con una humedad del 80%, un pH de desarrollo entre 6.5 y 7.5 y con baja luminosidad, ya que teme a la luz, pues los rayos ultravioletas las matan. En estas condiciones una lombriz produce unas 1.500 lombrices por año que producen el 60% de la ingesta en forma de humus. La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción” (DELGADO, 2011)

TABLA 1. Diferencia entre lombrices composteras y nativas

Características	Eisenia foetida	Eisenia andrei	Lumbricus terrestris
Color	Rojo pardo(lombriz tigre)	Rojo fresco	Café oscuro
Tamaño (mm)	8-10	7-9	30-35
Peso adulta (g)	1.5-2.3	1.5-2.7	4-4.5
Reproducción	Alta	Alta	Baja
Capsulas, capullos o cocones	1 cada 7 dias	1 cada 5 dias	Hasta 12 por año

Numero de lombrices/capsula	De 6 a 8	De 6 a 11	De 1 a 2
Ciclo de vida	De 90 a 100 días	De 80 a 90 días	180 días
Adoptabilidad	De 0 a 3000 msnm	De 0 a 3000 msnm	Zonas tropicales
voracidad	alta	alta	Baja

Fuente: (Cerdas, 2004)

clasificación y taxonomía de la lombriz

Reino: Animal

Tipo: Anélido

Clase: Oligoqueto

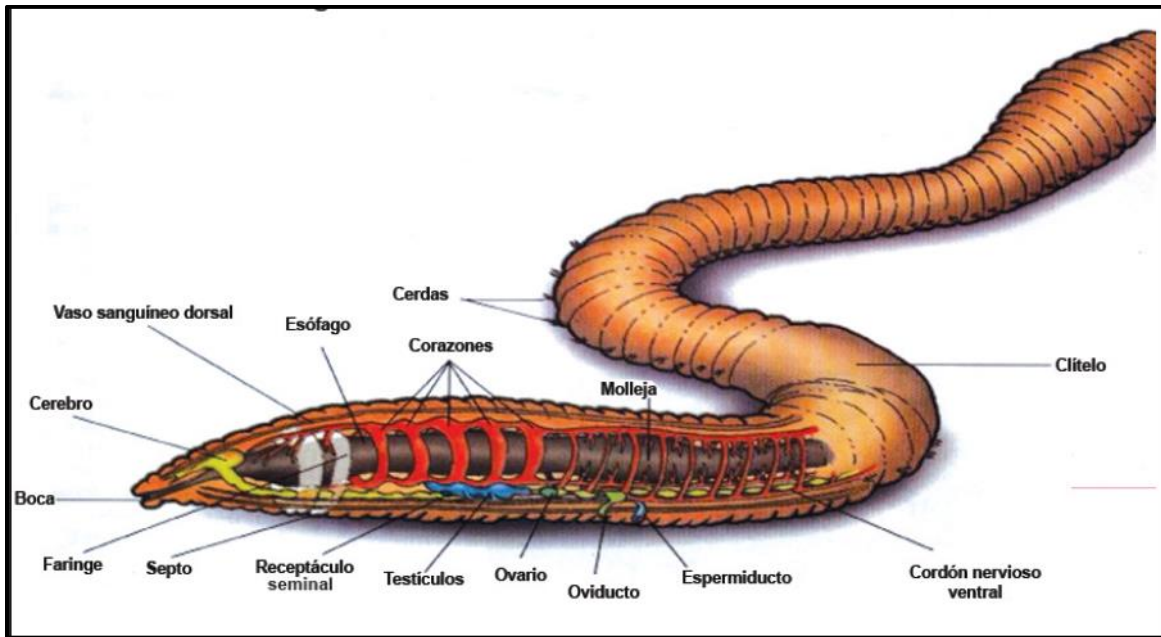
Orden: Opisthoro

Familia: Lombricidae

Género: Eisenia

Especie: E. foétida

FIGURA 1. Morfología de la lombriz



Fuente: (Somarriba & Msc. Fidel Guzman, Guia de lombricultura, 2004)

Anatomía de la lombriz roja californiana

La lombriz posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral, existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm. De longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción. La pared del cuerpo de las lombrices está constituida de afuera hacia dentro, por:

Cutícula:

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

Epidermis:

“Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una

secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma. También existen células glandulares que producen una secreción serosa” (Somarriba & Msc. Fidel Guzman, Guia de lombricultura, 2004)

Capas musculares.

Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.

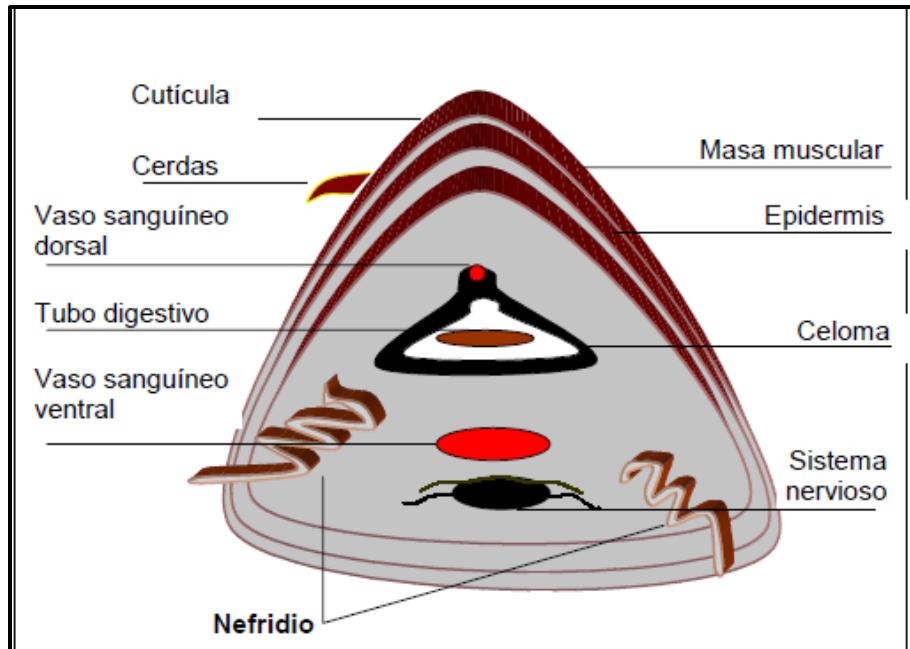
Peritoneo.

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

Celoma.

“Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, y dentro de este se suspenden los órganos internos del animal. Este fluido se expulsa ante el peligro” (Diaz, 2002)

FIGURA 2. Corte transversal de la Eisenia foetida.



Fuente: (Díaz, 2002)

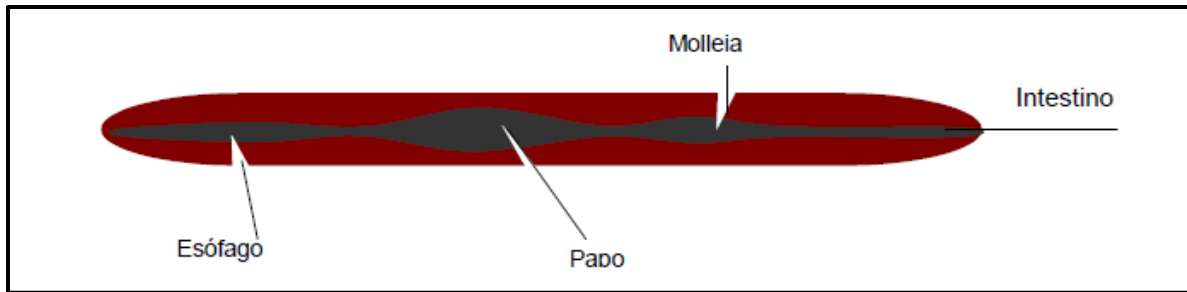
Los órganos y sistemas que posee la lombriz son los siguientes:

Tubo digestivo:

Este canal corre desde la boca al ano. Después de la boca encontramos la cavidad bucal y dentro de ella las células del paladar (prostomio). Luego de la cavidad bucal, continúa la faringe que une la boca al esófago actuando como una bomba de succión.

“El esófago se abre a partir de la faringe y continúa en el papo y la molleja que aplastan el alimento para su digestión. Detrás de la molleja comienza el intestino donde ocurre la digestión y la absorción de los alimentos, pudiendo detectar glucosa y sacarosa entre otras sustancias”.

FIGURA 3. *Aparato digestivo de la Eisenia foetida.*

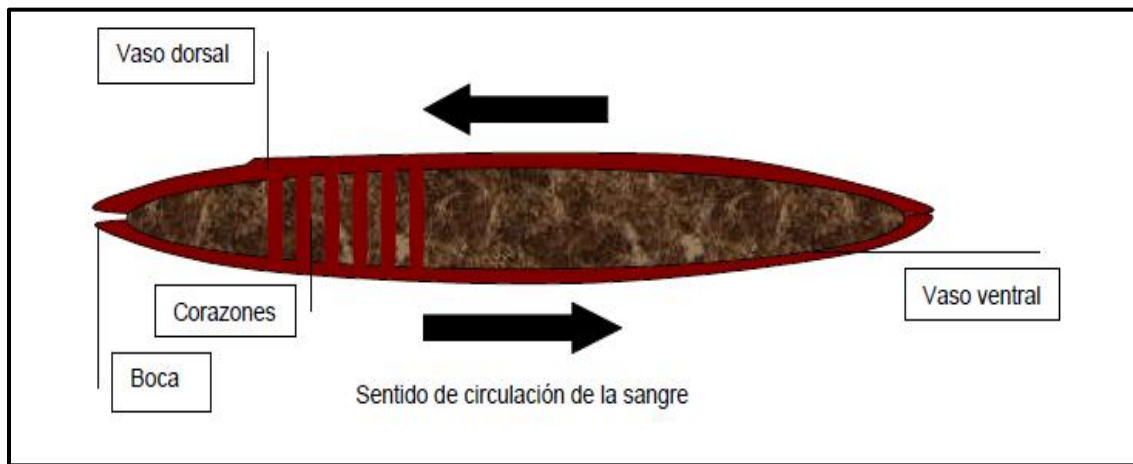


Fuente: (Díaz, 2002)

Aparato circulatorio.

Formado por vasos sanguíneos. Las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.

FIGURA 4. Sistema circulatorio de la *Eisenia foetida*.



Fuente: (Díaz, 2002)

Aparato respiratorio:

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

Calcíferas:

Estas glándulas “segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino. La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una pre digestión.” (Guerra, 2020)

Aparato excretor:

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

Sistema nervioso:

“Tienen un sistema nervioso que consta de un cerebro, un cordón nervioso central y células sensoriales especiales que incluyen células táctiles, receptores gustativos, células sensibles a la luz y células relacionadas con la detección de humedad”. (Somarriba & Msc. Fidel Guzman , guía de lombricultura , 2004)

Aparato reproductivo:

“Está formado por el Clitelio que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y se caracteriza por secretar una sustancia que forma las cápsulas para alojar los huevos. Aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual. También poseen por ser hermafroditas los 2 órganos sexuales: testículos y ovario con el respectivo receptáculo seminal y oviducto2” (FAO, 2013)

Visión:

“En la epidermis hay un gran número de células fotosensibles ubicadas especialmente en el prostomio. Son los órganos primitivos de visión de las lombrices. Las lombrices huyen de la luz (fototaxis negativa), no detectan la luz roja y los rayos ultravioletas les provocan la muerte” (Tenecela, 2012)

Segmentos:

“Aunque muy primitivos, las lombrices han desarrollado los siguientes sistemas: nervioso, circulatorio, digestivo, excretor, reproductor y muscular. El aspecto más destacable es la segmentación de su cuerpo que se extiende también hacia el interior.” (Somarriba & Msc. Fidel Guzman, Guia de lombricultura, 2004)

Tienen entre 40 y 120 segmentos o anillos y estos, en forma similar a los animales superiores, tienen distintas funciones según su ubicación. La primera sección contiene la boca y el prostomio que es un lóbulo que cubre la misma y actúa como una cuña rompiendo lo que el animal encuentra cuando se desliza.

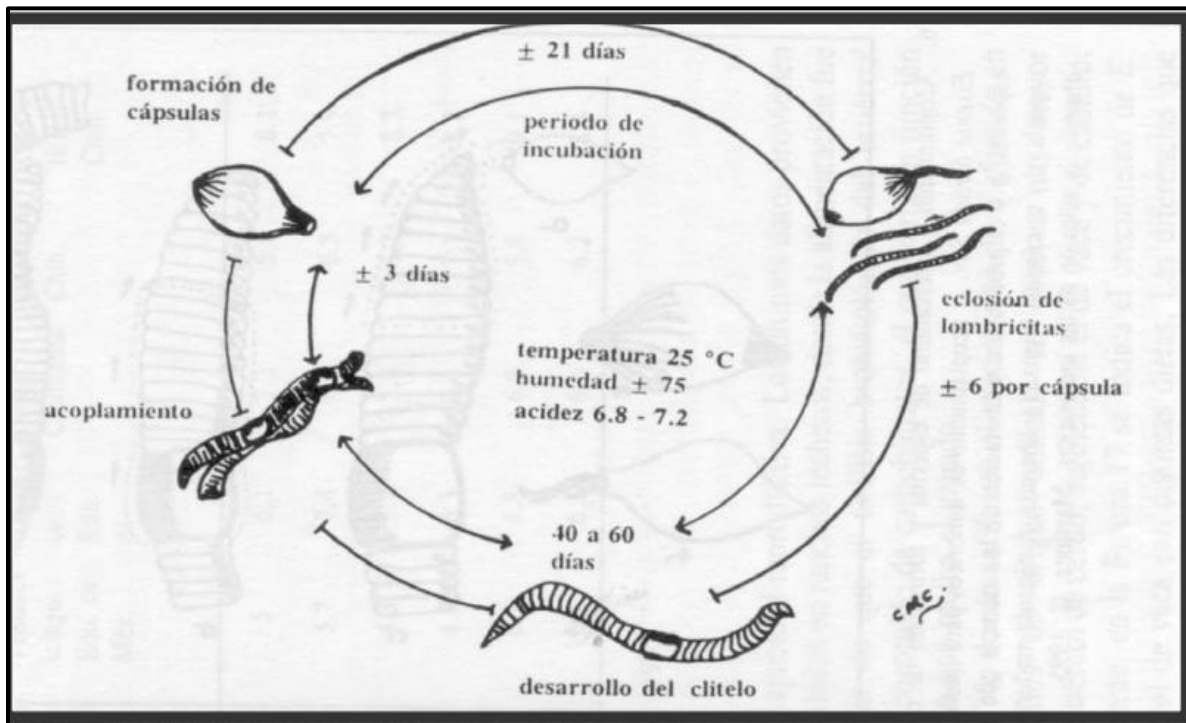
“En cada segmento se localizan pequeñas cerdas que pueden moverse a voluntad para su traslación, careciendo de otras estructuras visibles que faciliten su desplazamiento, pero ayudándose con secreciones glandulares que producen una sustancia lubricante “mucus” muy útil para su desplazamiento y estabilización de las galerías del lombricompuesto” (Diaz, 2002)

Ciclo de vida y reproducción.

“La lombriz roja californiana son hermafroditas, no se autofecundan, por tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma

de pera de color amarillento) de unos 2 mm. De la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados. Durante el acoplamiento giran en sentidos opuestos, se contactan los aparatos masculinos y femeninos de cada lombriz y reciben mutuamente esperma. La actividad sexual está disminuida en los meses muy calurosos, como también en los meses demasiado fríos. Logra su madurez sexual a los tres meses, pero se considera adulta a los siete meses de su nacimiento. Una lombriz roja puede producir anualmente en condiciones normales de humedad y temperatura 1500 lombrices. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse” (Sanchez S. F., 2009)

FIGURA 5. Ciclo de vida de la lombriz roja californiana.



Fuente: (Rodriguez, 2004)

Condiciones ambientales para su desarrollo.

Humedad:

“Será del 80% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto, la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C.

Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos” (Sanchez S. F., 2009).

pH.

“El pH óptimo para su desarrollo está en un rango de 7 a 8. Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de acidez o basicidad del sustrato.

Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol; y se mantiene la mano cerrada durante 20 a 30 segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido,

se desarrollarán en el sustrato la plaga conocida comúnmente como plenaria” (Sanchez S. F., 2009)

Riego.

“Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor. El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica” (Sanchez S. F., 2009)

Aireación.

“Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂ peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras” (Sanchez S. F., 2009)

Alimentación.

“Las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para las azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad

tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura.” (Fajardo, 2002)

“Como son muy voraces y les encanta la celulosa aceptan el papel y el cartón siempre y cuando estén bien humedecidos. Se les puede dar viruta y aserrín de madera que proceda de árboles pobres de resina y bajos e taninos (las virutas de madera roja poseen altas cantidades), pues el exceso de esta sustancia es tóxico para las lombrices. También aceptan muy bien el estiércol previo un tratamiento de maduración.

La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas, si la lombriz es trasladada periódicamente a alimentos frescos la producción de cápsulas y la fecundidad aumentan, la adición constate de alimentos frescos incrementan su peso y producción” (Fajardo, 2002)

Características favorables del abono de lombriz

“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 en lo que a contenido nutrimental se refiere.” (Somarriba & Msc. Fidel Guzman, Guia de lombricultura, 2004)

TABLA 2. Contenido nutricional de las lombricompostas

PARAMETRO	UNIDADES	RANGO
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
CIC	Meq/100g	75 a 81
Ca	%	2.8-8.7
Mg	Ppm	260 a 576
Mn	Ppm	0.2 a 0.5
Cu	Ppm	85 a 490
Zn	Ppm	87 al 404

Fuente: (Cerdas, 2004)

Humus de Lombriz

“Las lombrices de tierra son de una gran importancia económica, porque con su actividad cavadora de tierra, en su estado natural, participan en la fertilización, aireación y formación del suelo, por su efecto marcado sobre la estructuración del mismo, debido a la mezcla permanente y el reciclaje de bases totales, como el calcio, el cual sustraen de las capas más profundas del suelo hacia la superficie.

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz o vermicompost, que es un abono orgánico prácticamente insuperable, que puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales. Una lombriz produce diariamente unos 0.3 gr de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus³ Tiene un aspecto similar a

la tierra, suave, ligero e inodoro, tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil. Como abono orgánico tiene un alto valor nutritivo, pero lo más importante es la alta disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

El humus de lombriz se puede utilizar tanto en forma sólida como líquida, siendo particularmente importante su aplicación en la preparación de suelos y producción de hortalizas, frutales o flores ornamentales. Tiene también otros usos más específicos, como en jardinería y campos para practicar deportes como golf, fútbol, etc” (Marnetti, 2012)

Sanidad de las lombrices

La lombriz californiana no sufre ni transmite enfermedades. Tampoco sufre impacto ecológico ante una eventual fuga a un medio natural. En cambio, es común encontrar daños ocasionados por las condiciones de las cunas. “ Las causas pueden ser: Lesiones e infecciones producidas por acción de insecto o parásitos. La muerte de la lombriz provoca una pequeña infección que causa daño a otras. La presencia de sustancias nocivas en la comida puede provocar una disminución de las lombrices y una pérdida de peso. Intoxicación proteica o gozzo ácido. Este es un síndrome desencadenado por la presencia de un alto contenido de sustancias proteicas.” (Sanchez, 2003)

Enemigos de las lombrices

El principal enemigo de la lombriz a lo largo de la historia ha sido el hombre, quien con sus prácticas en la agricultura ha ido poco a poco eliminando la población natural de lombrices en el suelo. Estas prácticas incluyen los métodos mecanizados de labranza y la aplicación continua de agroquímicos, “También existen animales asociados a la lombriz y que predan sobre ella; entre

ellos está el ciempiés el cual ataca directamente a las cápsulas o cocones, deteniendo de esta manera la reproducción de la lombriz. Las hormigas atacan directamente a la lombriz en cualquier edad, fraccionándola hasta causarle la muerte. Cuando no se da un manejo adecuado a los desechos se presentan ratas, las cuales son atraídas por los desechos e indirectamente se comen a las lombrices. Actualmente, un enemigo económicamente importante de la lombriz es la planaria, gusano plano con necesidades alimenticias similares a las de la lombriz; convive con ella, pero también se enrosca sobre su cuerpo y la estrangula. Entre otros enemigos naturales se mencionan a los pájaros, los ratones, los topos, los sapos, las serpientes y animales pequeños como los gorgojos. Por lo anterior, se recomienda proteger los lombricomposteros y revisarlos constantemente.” (Cerdas, 2004)

“La naturaleza ha dispuesto que toda especie animal tenga sus enemigos. También la lombriz, por lo tanto, cuenta con sus adversarios, contra los cuales hemos de intentar protegerla. Las hormigas: pueden perjudicar el cultivo porque llevan alimentos y a veces hasta matan las crías, por lo cual hay que eliminarlas poniendo cualquier tipo de insecticida comercial a los lados del terreno. Los ratones y las ratas: llegan a constituir un problema cuando se presentan en un número considerable, debido a que revuelven el lecho buscando la comida y estorban a las lombrices en su labor. Conviene eliminarlas empleando cualquier raticida. Los pájaros: de un cierto tamaño como los mirlos, los tordos, los faisanes, etc., constituyen un serio peligro para la lombriz tanto si aparecen en bandadas o en gran número. Un método eficaz es colocar una red por encima de los lechos.

También, Los topos: son particularmente peligrosos y pueden destruir cultivos enteros. Por esto es indispensable proteger los lechos con cualquier tipo de material para formar un pavimento aislante

que el topo no pueda atravesar. *El hombre*: en el pasado exterminaba a las lombrices porque eran consideradas perjudiciales para la agricultura. Incluso se pensaba que comían raíces de las plantas, porque al arrancar una planta muerta es muy frecuente encontrar lombrices entre las raíces. La lombriz únicamente se alimenta de raíces en putrefacción puesto que éste carece de dientes para masticar.” (Peña, 2005)

Ventajas de la lombricultura

“Favorece la ecología al reducir problemas de contaminación generados por desechos orgánicos sólidos. Transforma los desechos orgánicos en productos o coproductos de gran beneficio para el hombre. El abono de lombriz presenta una alta carga microbiana que le permite participar directamente en la regeneración de suelos. Los nutrimentos en el abono de la lombriz están en forma disponible para las plantas; su contenido respecto a ciertos elementos en particular varía en función del alimento que consume la lombriz. El contenido de proteína presente en las lombrices permite que puedan utilizarse como complemento en la alimentación humana y animal.” (Sanchez S. F., 2009)

CARACTERÍSTICA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

“Posee boca, pero no tiene dientes, Succiona los alimentos para lograr su alimentación. Los rayos ultravioletas la matan en poco tiempo. Su cuerpo es cilíndrico, anillado y presenta de 120 a 175 segmentos, y está recubierta de una fina cutícula, con una longitud en estado adulto de 6 a 8 cm. y un diámetro de 3 a 5 mm, su color va de blanco rosa y ya adulta color rojo oscuro. Respira a través de la epidermis, depositando el humus en un 1/3 de su recorrido, por lo que la cutícula debe mantenerse adecuadamente húmeda. Su aparato circulatorio está provisto de cinco pares de tubos

musculares (corazones) y posee tres pares de riñones. *Es hermafrodita*: Posee tanto ovarios, como testículos, es incapaz de autofecundarse por lo que necesita del acoplamiento de otra de su especie, el apareamiento se produce al situarse en posición paralela en sentido inverso las dos lombrices de tal forma que se corresponda al aparato genital masculino con el femenino, al realizarse esto se produce un intercambio de espermatozoide quedando ambas lombrices fecundadas.

Además, el *Clitellum*: Con forma de anillo de color blanco rosado, está situado en el tercio anterior dotado de una glándula que se encarga de secretar las sustancias que forman los capullos o cocones o cápsulas donde se alojan los huevos fecundados, dicho capullo tiene forma de pera de 2-3 mm de diámetro, de color verde amarillo hasta verde rojizo que se abre de los 14 a los 21 días en condiciones favorables, humedad, temperatura etc. Dichas lombrices al salir miden 1mm aproximadamente y tienen un peso en estado adulto de 0.8 a 1 g e ingieren diariamente el 100% de su peso en materia orgánica en descomposición y del cual el 60% es excretado abono orgánico y el 40% es asimilado y se convierte en biomasa de lombriz. La madurez sexual la adquieren a los 3 meses y a partir que se forma el Clitelo están aptas sexualmente para el apareamiento el cual se produce con un intervalo mínimo de 7 días y tiene un tiempo de duración de 15 minutos. Elevada Prolificidad 2 a 21 lombrices que en condiciones óptimas dan lugar a dar hasta 1,500 descendientes lombrices/año.

También, las *Glándulas Calcíferas*: que son conocidas como glándulas de Morren, son unos órganos especiales que segrega carbonato de calcio y cumplen la función de controlar el PH, así como inhibe ciertos hongos y bacterias que se encuentran en los sustratos orgánicos que consume. *Regeneración*: La lombriz posee poder regenerativo de segmentos perdidos, pero solo si la lesión o destrucción afecta la última porción del intestino, pero si la lesión de componente la región

anterior la lombriz muere. Una lombriz es 80% agua y 20% materia seca, posee el 65% de proteína” (DELGADO, 2011)

Antecedentes

Mucho se ha escrito sobre las lombrices, su comportamiento y sus posibles aplicaciones. “Entre los antecedentes posibles entorno a anécdotas de las lombrices, por ejemplo, se cita el edicto de un faraón del antigua Egipto prohibiendo exportarlas del país bajo la pena de muerte. La fertilidad del valle del Nilo, en efecto, se atribuía en gran parte a la laboriosa tarea de las lombrices. De todos los investigadores que trataron la materia, el más famoso es, sin duda, Darwin. En tiempos más recientes, hacia 1947, el primer gran citador de lombrices ha sido, al parecer, Hugh Carter, primo del expresidente de EE-UU. Otro gran citador es Ronald Caddie Senior, presidente de la sociedad más importante de todas las que se dedican a la cría y comercialización de lombrices. A ambos y otros pioneros en este mismo campo, les corresponde el mérito de haber aplicado técnicas modernas de cultivo, y, sobre todo, el de haber visto en este animal una valiosa ayuda para la recuperación de los materiales de desechos a escala familiar o urbana.” (Díaz, 2002)

“El origen de la lombricultura se remonta a 10.000 años antes de cristo en la región de Egipto y Mesopotamia. Los egipcios tenían una gran admiración por las lombrices, y sabían que, a estos animales, se les debe, en gran parte, la fertilidad del valle del Nilo. Pero fue Aristóteles en la historia de la lombricultura, quien bautizo a las lombrices como los intestinos de la tierra por su movilidad dentro del suelo y por los beneficios evidentes que estas representan para los suelos. (Lombrimadrid, 2011). Entre otros artículos, se puede encontrar que la lombricultura se desarrolló

en el siglo XIX con Charles Darwin quien dedico 40 años de su vida al estudio de la lombriz, en 1881 publicó el libro llamado “la formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices” (Martinez, 1999).

“La importancia de los conocimientos de Darwin radica en estudio profundo de la biología de la lombriz, sus hábitos y hábitat, además del método de investigación llevado a cabo. Todo lo anterior le ha merecido al famoso sabio ser considerado como el padre de la lombricultura. (Lombrimadrid, 2011) . La lombriz para beneficio económico se dice que se utilizó por primera vez en Estados Unidos de Norteamérica en 1974 cuando un primo del presidente Carter, utilizando un ataúd, sembró lombrices posteriormente le reportaron jugosas ganancias. La explotación de lombrices ha conllevado a grandes investigaciones con el fin de lograr una lombriz que se pudiera criar en cautiverio y con una vida duradera y en periodo de tiempo corto, de este modo en la universidad agrícola de california se obtiene el híbrido rojo californiano, el más usado recientemente en el mundo para la fabricación del humus de lombriz” (Lombrimadrid, 2011)

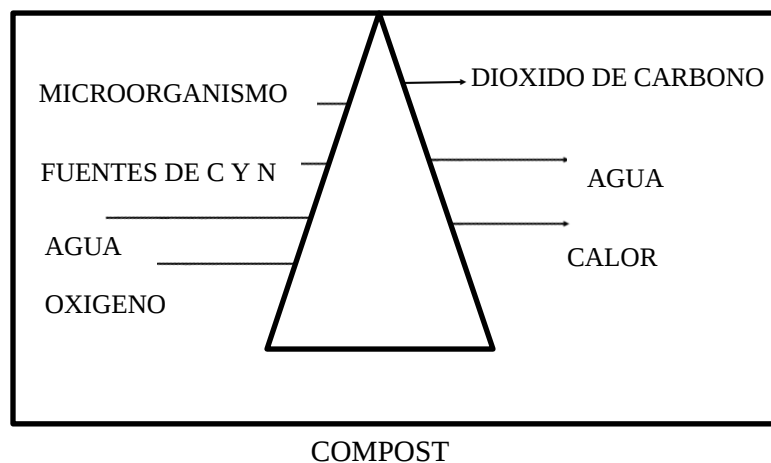
“Hacia el año 1979 Estados Unidos contaba con aproximadamente 1.500 explotaciones de lombrices. Este y otros países como Japón, Italia, España, Alemania y Argentina han desarrollado esta actividad con fines médicos, ecológicos y zootécnicos, especialmente en el área de nutrición animal” (Guerra, 2020). “Actualmente, en varios países de Europa se aprovecha el estiércol y los residuos de materia orgánica para la obtención de carne y humus de lombriz. Los árabes las han utilizado para la recuperación de suelos, y en Latinoamérica se ha empleado para disminuir la cantidad de residuos orgánicos, incrementar la fertilidad de suelos y como fuente de proteína para alimentación animal y humana” (Campesinos, 2005). En América latina los principales países

productores son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador, los cuales cuentan con grandes explotaciones industriales de *Eisenia foetida*.” (Fajardo, 2002)

Compostaje

“El compostaje supone el reciclaje de la fracción orgánica de la basura, para el aprovechamiento de los recursos de sus componentes, con el objetivo de volver a incorporarlos a su ciclo natural a través del producto final de este proceso: el compost, que puede ser utilizado como nutriente y estabilizante del suelo ya que ayuda a remediar la carencia de materia orgánica de éstos y contribuye físicamente a su fijación. Sirve además para mejorar la estructura y la textura del suelo, aumentando la cantidad de microorganismos y la disponibilidad de nutrientes para las plantas” (Pirque, 2002)

FIGURA 6. Dinámica del proceso de degradación en compostaje.



Fuente: (Guerra, 2020)

Fases del proceso de compostaje

Mesófila:

“Es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados” (Tenecela, 2012)

Termófila:

“en ésta fase la temperatura sube de 40 a 600, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En ésta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en éstas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos” (Tenecela, 2012).

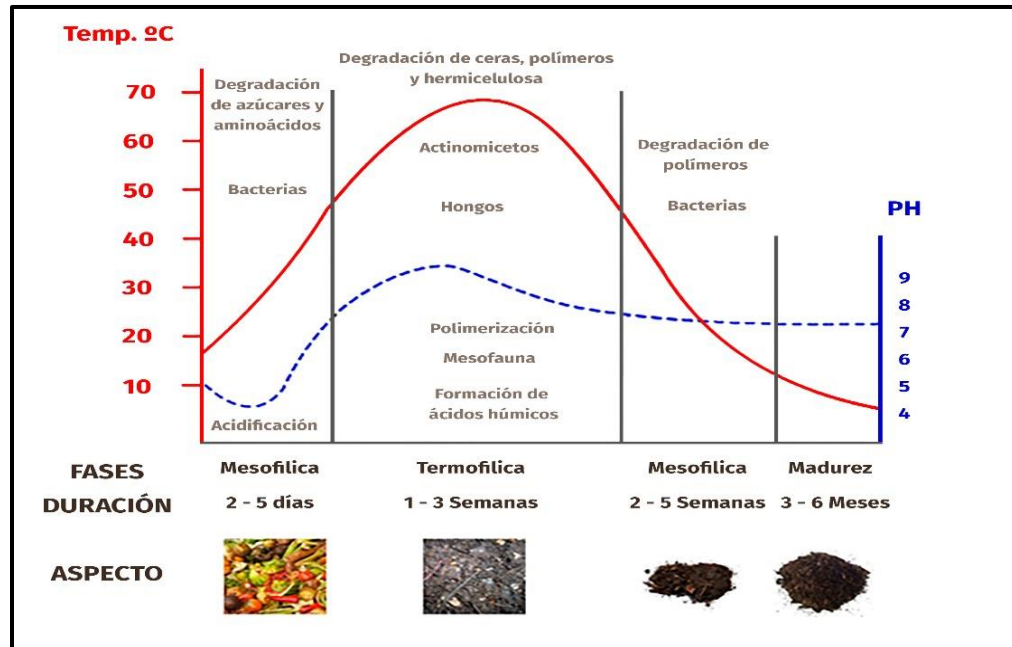
Enfriamiento.

“La temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.” (Tenecela, 2012)

Maduración.

“La maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en ésta fase” (Tenecela, 2012)

FIGURA 7. Degradación del material por cada una de las etapas del compostaje.

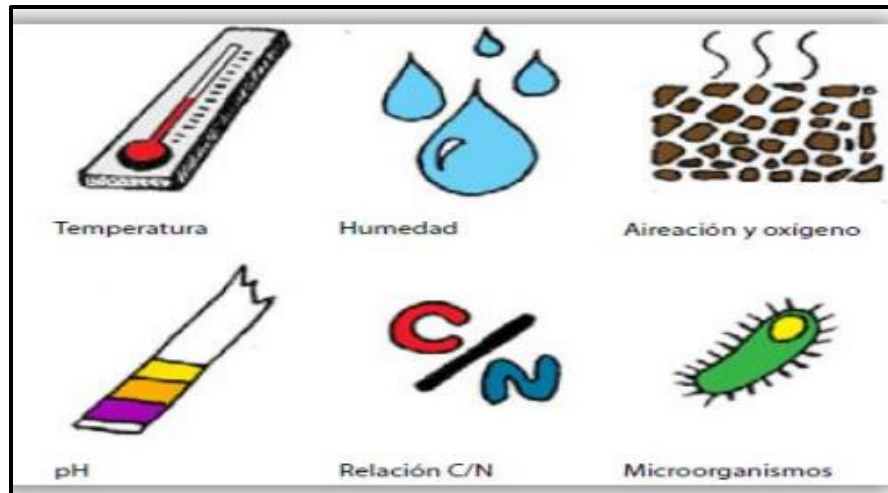


Fuente: (Velasquez, 2021)

Parámetros a Tener en Cuenta para el Proceso de Compostaje

La existencia de poblaciones de microorganismos presentes en el proceso de compostaje y la velocidad de transformación de los residuos orgánicos, así como el normal desarrollo de las etapas de los procesos anteriormente descrito, requieren garantizar las condiciones necesarias y el control:

FIGURA 8. Parametros que se tienen en cuenta en compostaje.



Fuente: (Guerra, 2020)

Tiempo Para Obtener Compost Maduro

“El tiempo requerido para obtener un compost maduro varía de acuerdo a las condiciones ambientales y al manejo dado del sistema de compostaje, el rango de tiempo está entre 1 a 6 meses. Los tiempos de degradación se reducen teniendo en cuenta todos los parámetros descritos anteriormente, con la implementación de volteos más frecuentes y aplicación de microorganismos eficientes.” (Martinez, 1999)

TABLA 3. Características para evaluar un compost maduro.

Características	Descripción
Olor	El olor debe ser agradable (como a tierra de bolque), no se debe percibir ningún olor que de indicios de los materiales iniciales.

Color	El compost debe oscurecer con la madurez, llegando a un color café oscuro o negro.
Textura	Esponjosa.
Humedad	Humedad 30-35%. Cuando el proceso termina el compostaje, este debe ser capaz de retener su peso en agua, es decir a un kilo de compost agregar un litro de agua y este debe ser capaz de retenerlo.
PH	Debe estar entre 7 y 8.
Relación C/N	10-12
Temperatura.	Debe descender a temperatura ambiente, una forma de saber si el compost terminó es hacer la prueba de jarra, consiste en ponerle un litro de agua a un hilo de compost y dejarlo 24 horas, pasado este tiempo se debe verificar si la temperatura aumentó, de ser así, el compost esta inmaduro y le falta degradación.

Fuente: (Velasquez, 2021)

Sistemas y técnicas para el compostaje

Hay numerosos sistemas para llevar a cabo el proceso de maduración. Así y para realizar una primera clasificación somera, se pueden establecer dos categorías principales: sistemas abiertos y sistemas cerrados.

TABLA 4. Clasificación general de sistemas de compostaje

Sistemas abiertos	Pilas con volteo	
	Pilas estáticas	Con succión de aire Aire insuflado Ventilación alternada (succión e insuflado) Insuflado vinculado a control de temperatura
Sistemas cerrados	Reactores verticales	Continuos discontinuos
	Reactores horizontales	Estáticos Con movimiento del material

Fuente: (Sanchez S. F., 2009)

Dependiendo del clima del lugar en que se realice el proceso, del tipo de material que estemos tratando, de la disponibilidad de terreno o de la necesidad de abreviar el proceso, se manejan unos u otros sistemas.

Los sistemas abiertos comportan un menor coste y tienen un manejo e instalación más sencillo, mientras que los sistemas cerrados conllevan una infraestructura más complicada y costosa, al tener que realizar una instalación cerrada y emplear una maquinaria quizá más compleja.

Sistemas abiertos

Pilas estáticas.

“La tecnología para el compostaje en pilas es relativamente simple, y es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila.” (pirque, 2002)

Pilas estáticas con aireación pasiva.

“Se considera que este sistema es muy apropiado realizando un análisis coste/eficacia de dicho sistema comparado con otros como aireación forzada o pilas con volteo. Para favorecer la ventilación natural de la pila, se emplean estructuras como la que se puede observar en la figura que permiten un mejor flujo de la masa de aire desde la parte inferior hacia la zona superior de la pila. Las pilas son ventiladas por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila. “ (pirque, 2002)

“El compostaje en pilas simples es un proceso muy versátil y con escasas complicaciones. Se ha usado con éxito para compostar estiércol, restos de poda, fangos y residuos sólidos urbanos. El proceso logra buenos resultados de una amplia variedad de residuos orgánicos y funciona satisfactoriamente mientras se mantienen las condiciones aerobias y el contenido de humedad. Las operaciones de compostaje pueden continuar durante el invierno, pero se ralentizan como resultado del frío.” (FAO, 2013)

FIGURA 9. Estructura para la construcción de pilas estáticas con aireación pasiva.

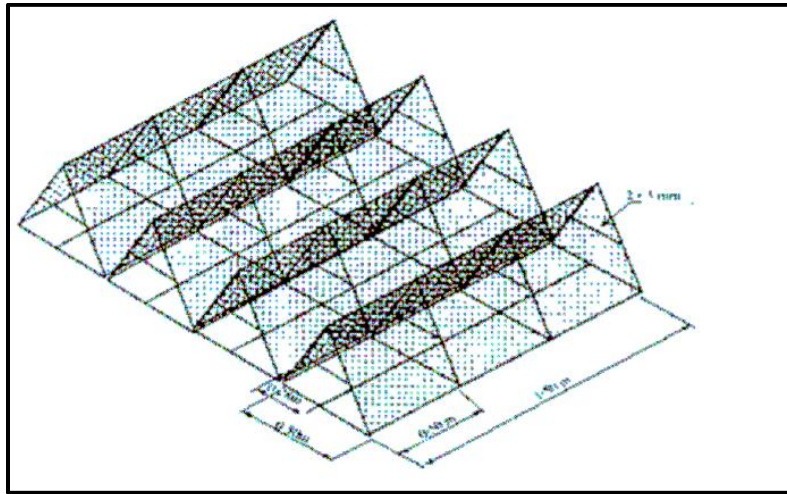


FIGURA 10. Detalle de pilas con aireación pasiva.



Fuente: (Cerdas, 2004)

Pilas estáticas con aireación forzada

“Estos sistemas permiten tener un mayor control de la concentración de oxígeno y mantenerla en un intervalo apropiado (15-20 %) para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos

aerobios que desarrollan el proceso. El aporte de oxígeno se realiza por varias vías, succión o insuflado así como las variantes que incluyen a los dos tipos. El aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua, a intervalos o ligados a un termostato que, llegada una determinada temperatura (aprox. 60°C) acciona el mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura desciende hasta el valor deseado. Una vez que se constituye la pila, no se toca, en general, hasta que la etapa activa de compostaje sea completa.” (FAO, 2013)

FIGURA 11. Detalle de pilas estaticas con aireacion activa.



Fuente: (FAO, 2013)

Pilas con volteo.

“Es uno de los sistemas más sencillos y más económicos. Esta técnica de compostaje se caracteriza

por el hecho de que la pila se remueve periódicamente para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que deseamos realizar el proceso, siendo habitual realizar un volteo cada 6 - 10 días. Normalmente se realizan controles automáticos de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para efectuar el volteo.” (FAO, 2013)

En cuanto a lo del volteo de las pilas es muy tradicional que estos se llevan a cabo con una pala cargadora, en la cual su sistema básicamente consiste en ir recogiendo y soltando el material hasta lograr reconstruir una pila tal y como se logra evidenciar en la figura 12.

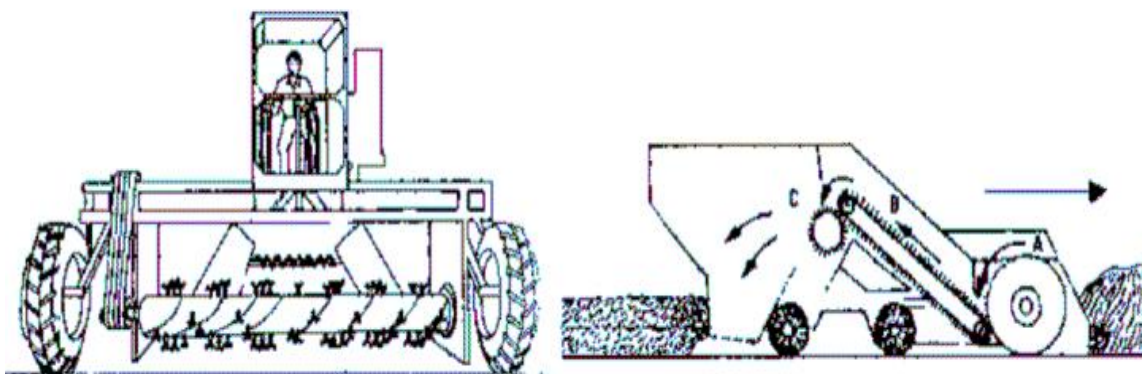
Sin embargo, para materializar esta técnica de compostaje, existe maquinaria específicamente diseñada para conseguir un mezclado del compost de máxima eficiencia

FIGURA 12. pala cargadora volteando pila de compost.



Fuente: (Fajardo, 2002)

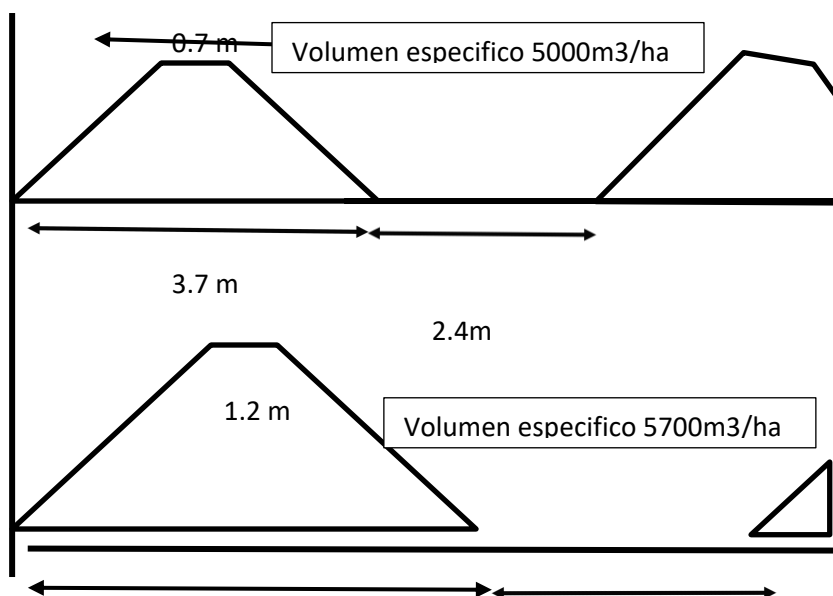
FIGURA 13. Pila con volteo.



Fuente: (FAO, 2013)

En las pilas estáticas, ya sea con volteos o sin ellos cobra gran importancia el tamaño de las pilas, por un lado para permitir una correcta aireación y por otro para que no haya excesivas pérdidas de calor.

FIGURA 14. Dimensiones características de pilas estáticas.



Fuente: (Fajardo, 2002)

Sistemas cerrados

“Estos sistemas permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que generan el elevado coste de inversión de las instalaciones. Su principal división se da entre reactores de flujo horizontal y vertical.” (FAO, 2013)

“Los reactores de flujo vertical suelen tener alturas superiores a los 4 m. Y pueden ser continuos o discontinuos. Los reactores discontinuos contienen, a diferentes alturas pilas de 2-3 m con un sistema de aireación forzada o volteo hacia pisos inferiores. Su principal inconveniente es el elevado coste de construcción, no obstante, aunque la inversión inicial es más elevada que en el sistema de pilas estáticas, tiene una baja relación coste por unidad de volumen de trabajo.” (Velasquez, 2021)

Los reactores de flujo horizontal se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos.

Marco conceptual

Para el tema estudiado en este proyecto se expone a continuación los conceptos relacionados: “el aprovechamiento y valorización: El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el Lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la

reutilización, la reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost). El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas” (ambiente, 1998).

El “Compostaje: es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas” (FAO, 2013)

La “Clasificación de los residuos: Atendiendo al estado y al soporte en que se presentan, se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. La referencia al soporte se debe a la existencia de numerosos residuos aparentemente de un tipo, pero que están integrados por varios (gaseosos formados por partículas sólidas y líquidas, líquidos con partículas sólidas, etc.) por lo que se determina que su estado es el que presenta el soporte principal del residuo (gaseoso en el primer ejemplo, líquido en el segundo)” (Guerra, 2020)

La “Contaminación Ambiental: La contaminación ambiental se refiere a la presencia de agentes externos de origen ya sea físico; químico o biológico, que atentan contra la integridad de la naturaleza, llegando a ser nocivo no solo para el ambiente, sino también para los seres vivos que vivimos en él” (pueblos, 2017).

El “Cuarto de Lombricultura: Lugar en el que se encuentra construido camas o lechos con residuos sólidos orgánicos para la cría de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), así obtener la producción del fertilizante orgánico denominado humus de lombriz” (Guerra, 2020).

Es “Degradable: la Característica de una materia o sustancia inorgánica de descomponerse en sus elementos integrantes no por acción de factores biológicos sino medioambientales; tales como la lluvia, el sol, el viento, etc”(Hidronor, 2018).

La “Eliminación: Sacar, separar, descartar un residuo del circuito de utilización, los residuos se han de eliminar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente” (Guerra, 2020).

La “Generación: La acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo” (Guerra, 2020)

La “Gestión integral de residuos sólidos: Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final” (colombiana, 2009).

La “Humedad del compostaje: La humedad se define como el contenido de agua que hay en el compostador con respecto a toda la materia que hay en el interior” (Guerra, 2020)

El “Humus: Residuo ligeramente soluble de material orgánico no digerido o parcialmente descompuesto, que se encuentra en el suelo superficial. Este material ayuda a retener agua y nutrientes solubles en agua, los cuales pueden entonces ser capturados por las raíces de plantas” (Campesinos, 2005).

El “Impacto Ambiental: Alteración de las características iniciales del medio ambiente provocada por la actividad humana. Y el Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión,

sustancia que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo” (Manual de lombricultura, 2016)

La “Lombricultura: es la Cría de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio y alimentadas con desechos orgánicos biodegradables para reciclar materia orgánica y obtener proteínas en forma de biomasa de lombrices de tierra” (Campesinos, 2005)

“Lombriz Roja Californiana: La especie anélido más usado en la descomposición de residuos orgánicos es *Eisenia Foetida*, particularmente es conocida como lombriz roja californiana. La lombriz roja en estado adulto mide, según Chamorro y Romero (1986), entre 4 y 10 cm de longitud y tiene un diámetro de 3 a 5 mm. El peso corporal es de un gramo aproximadamente y consume a diario una cantidad equivalente a su peso. A los 3 meses de edad ya están maduras y en capacidad de reproducirse, aunque se consideran completamente adultas a los 7 meses de vida” (Campesinos, 2005)

La “Maduración: es la Estabilización biológica que conduce a la obtención de un compuesto maduro, y la La materia orgánica se define como una agrupación de compuestos que contienen carbono que se originaron de seres vivos y se depositaron dentro de los componentes de la estructura de la tierra, la materia orgánica del suelo incluye los restos de todos los cuerpos de plantas y animales que han caído sobre la superficie de la tierra o el hombre las ha aplicado deliberadamente en forma orgánica” (Moreno, 2020).

“Medio Ambiente: Marco animado e inanimado en el que se desarrolla la vida de los seres vivos. Abarca seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como los valores de estética, ciencias naturales e histórico culturales” (Moreno, 2020)

“Metano: Hidrocarburo saturado, gas incoloro, de fórmula CH₄, inodoro e inflamable, que se forma principalmente durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica” (Velasquez, 2021)

“Orgánico: Perteneciente o derivado de los organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen carbono” (Campesinos, 2005)

“Patógeno: microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser fitopatógenos, cuando la enfermedad se produce en plantas, o patógenos humanos o animales” (DELGADO, 2011)

“pH: Índice numérico que señala la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia en una escala de 0 a 14 con el punto de neutralidad en 7 las soluciones acidas tienen un pH menor que 7 y las soluciones básicas o alcalinas tienen un pH mayor que 7” (DELGADO, 2011)

“Residuo: Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar” (Velasquez, 2021)

“Residuos Orgánicos: Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario” (Guerra, 2020)

“Reciclable: Material que conserva propiedades físicas y químicas útiles después de haber sido usado. Se puede utilizar o transformar en un producto nuevo” (Guerra, 2020)

“Reciclaje: Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima o insumos para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias

etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización” (Guerra, 2020)

“Recolección: Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la entidad prestadora del servicio. (Norma Técnica Colombiana, 2009).

Residuo o desecho sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento solido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas” (Guerra, 2020)

“Reutilización: Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ellos requieran procesos adicionales de transformación” (Guerra, 2020)

“Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización, aprovechamiento o ambos para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana” (Guerra, 2020)

“Temperatura: La temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (solido, liquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento” (Guerra, 2020)

Marco legal

NORMA	DESCRIPCION
Política Nacional para la gestión integral de residuos sólidos-1997.	Esta política plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.
Constitución nacional de Colombia	En los artículos 1, 3, 4, 8, 13, 23, 25, 44, 48, 79, 80, 86, 88, 332, 334, 365, 366, 367 y 370, se declara y fijan deberes y DERECHOS FUNDAMENTALES, tareas del Estado, con relación al derecho al trabajo, a la dignidad, a un ambiente sano, a proveer los servicios públicos de agua y saneamiento ambiental, las tareas de regulación de las fuerzas económicas del mercado, a la función social que debe cumplir la empresa, a administrar y proteger los recursos naturales.
LEYES	

NORMA	DESCRIPCION
Ley 99 de 1993	Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Publico encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deterior antes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.
Ley 09 de 1979	Se presentan unos aspectos importantes que bien podrían ser asumidos a través de la reglamentación de la Ley 99/93 o que pueden ser aplicados en la ausencia de reglamentación específica, toda vez que no se encuentran derogados explícitamente.
Ley 388 de 1997	Esta ley define el marco general del ordenamiento territorial que debe ser aplicado por los entes territoriales y en el que se debe incluir la variable ambiental dentro del escenario de desarrollo urbanístico
Ley 142 de 1994	Elaborada por Congreso de la República de Colombia. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios

NORMA	DESCRIPCION
	donde se incluye el servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones
Ley 1252 del 2008 ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Regula dentro del marco de la gestión integral, la protección de la salud humana y el ambiente, lo relacionado con la importación y exportación de residuos peligrosos, su minimización desde la fuente, la producción más limpia; su disposición adecuada, la eliminación responsable de las existencias de estos dentro del país.
DECRETOS	
Decreto-Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales, que es la base para las concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y se definen procedimientos generales para cada caso.
Decreto 605 de 1996	En el artículo 5, consagra como uno de los fines de la educación, la adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación.
Decreto 2104 de 1983	Por el cual se reglamenta parcialmente el [Título III de la Parte IV del Libro I del Decreto - Ley 2811 de 1974] y los [Títulos I y XI de la Ley 9 de 1979] en cuanto a residuos sólidos.
Decreto 1713 de	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000

NORMA	DESCRIPCION
2002-Modificado por Decreto Nacional 838 de 2005	y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos
Decreto 1140 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 005 del 2003	Se establecen medidas de cultura ciudadana y de manejo ambiental para prevenir y evitar estados de emergencia sanitaria en la ciudad, obligando a los domicilios de Medellín a separar las basuras en recipientes que contengan diferencialmente los materiales orgánicos de los inorgánicos.

RESOLUCIONES

Resolución 201 del 2001	Expedida por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Por la cual se establecen las condiciones
Resolución 1096 del 2000	Expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico, por el cual se adopta el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico- RAS.
Resolución 0477 de 2004	Por la cual se modifica la Resolución 1045 de 2003, en cuanto a los plazos para iniciar la ejecución de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras

NORMA	DESCRIPCION
	determinaciones.
Resolución 1045del 2003	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
NORMA TECNICA COLOMBIANA	
GTC 24	La presente guía técnica brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente las orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente. (Norma Técnica Colombiana, 2009).
GTC 86	Esta guía presenta directrices para realizar una gestión integral de residuos, considerando las siguientes etapas de manejo: generación (minimización), separación en la fuente, presentación diferenciada, almacenamiento, aprovechamiento, transporte, tratamiento y disposición de los residuos; todas estas actividades enmarcadas dentro de un ciclo de mejoramiento continuo.
GTC 53-7	Brinda información sobre métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos.(Guía Técnica Colombiana , Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos No

NORMA	DESCRIPCION
	Peligrosos, 2006).

Fuente: El autor

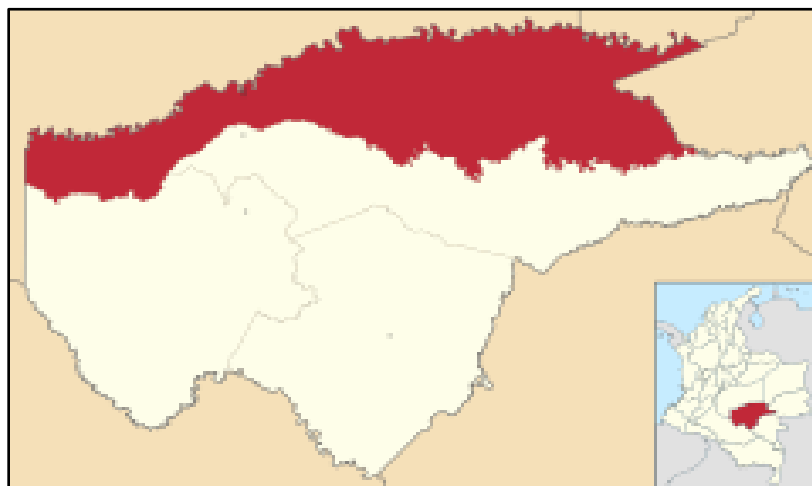
Marco contextual

Localización

“El Municipio de San José del Guaviare se encuentra localizado al norte del Departamento del Guaviare ocupando una franja que sigue el curso de los ríos Guayabero y Guaviare, cuenta con una extensión 16.172 Km2 distribuidos así; El 21,6% seta enmarcado de la legislación ambiental como Zona de reserva Forestal de la Amazonía y Áreas de Manejo Especial, el 62,4% pertenece a resguardos indígenas y tan solo el 16% del municipio corresponde al área legalmente constituida y es el área donde el estado ha concentrado la mayor parte de sus servicios. “ (Familiar, 2017)

El Municipio de San José del Guaviare limita por el norte con el Departamento del Meta, al sur con los Municipio de El Retorno y Calamar, al oriente por el Departamento del Guainía y al occidente con el Departamento del Caquetá. (Familiar, 2017)

FIGURA 15. Localizacion del municipio de San Jose del Guaviare.



Fuente: Dane.

Población

“San José del Guaviare cuenta con una población total de 52,815 habitantes según censo realizado por el DANE en el año 2018. “ (Familiar, 2017)

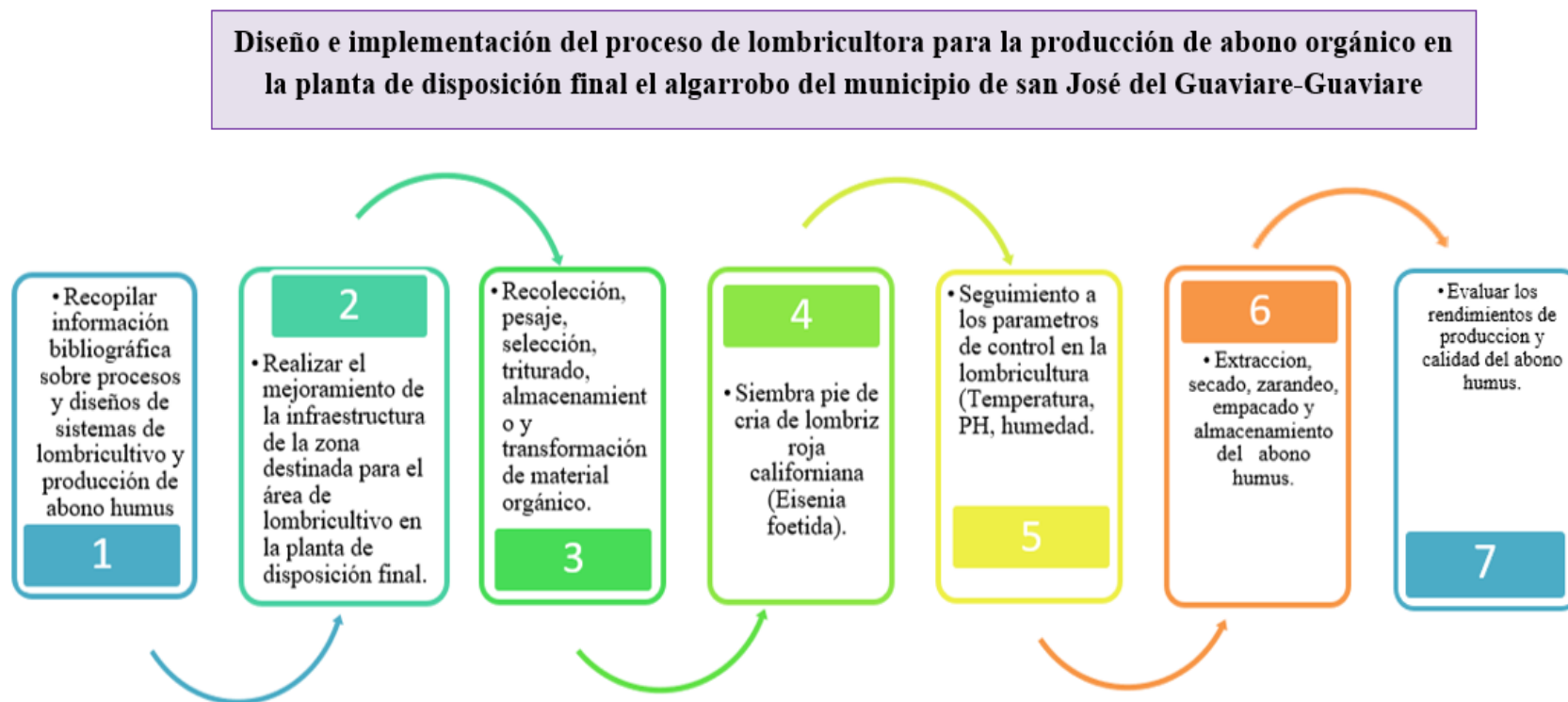
Clima

“En San José del Guaviare, los veranos son cortos, cálidos y nublados; los inviernos son cortos, calurosos y parcialmente nublados y está opresivo y mojado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 34 °C.” (Familiar, 2017)

Metodología

En la implementación de este proyecto de lombricompostaje se ejecutó la metodología plasmada en la figura 16. Se dio inicio a este proyecto con la recopilación de información bibliográfica en cuanto a los procesos y diseños del sistema de lombricultivo, para esto se emplearon libros, guías, manuales, informes y tesis de grado.

FIGURA 16. Diagrama proceso del proyecto



Fuente: propia

Resultados

Identificación del estado inicial de las instalaciones a emplear

Seguidamente se realizó un diagnóstico del área destinada para el proceso, teniendo en cuenta que dentro de la planta de disposición final se encuentra un área de aproximadamente 800 m² en donde están instalados 5 tanques de cemento de dimensiones de 2,40 m de ancho por 3,0 m de largo y una profundidad de 0,55 m en la cual se encontraban llenas de material vegetal dado a que anteriormente se realizaban procesos de compostaje. Se hizo un respectivo análisis para poder mejorar y realizar la adaptación adecuada del espacio. Para dar inicio al proceso de lombricultivo, se analizaron posibles roedores o enemigos de las lombrices y así mismo se elaboraron alternativas para poder controlarlos tales como atrapamoscas y trampa de roedores hechas con tubo pvc. Se hizo entechado de cada uno de los tanques, se cubrió el área con polisombra y se hizo un canal alrededor de cada uno para así mismo evitar empozamientos.

FIGURA 17. Evidencia del estado en que se encontró la zona.



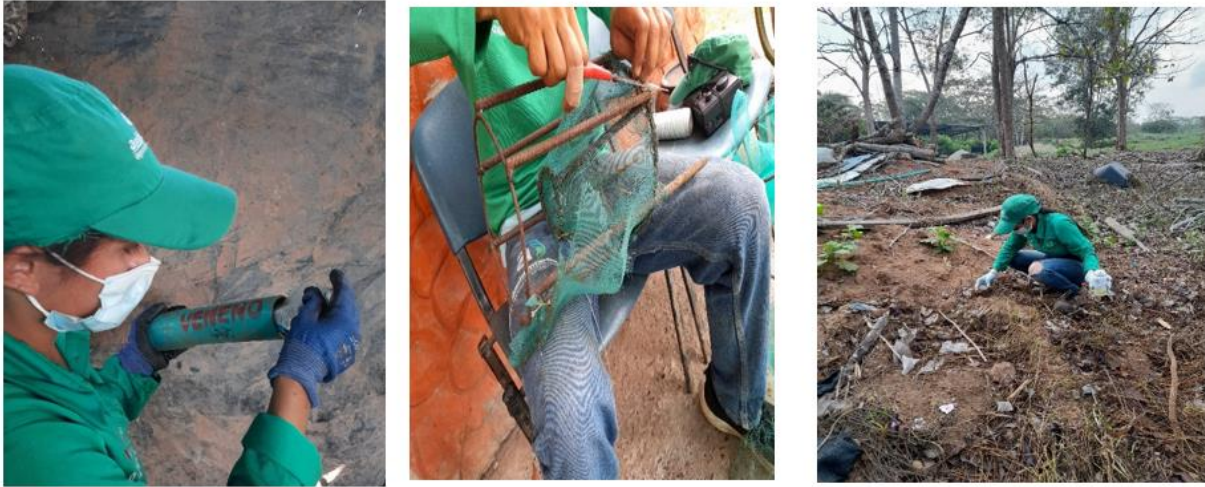
Fuente: autor

FIGURA 18. Adaptación del terreno



Fuente: propia

FIGURA 19. Control de roedores y vectores.



Fuente: Propia

Implementación de camas piloto para monitoreo técnico de las condiciones ambientales óptimas del proceso de lombricultura.

Adaptacion de los tanques

Los 5 tanques tienen una dimension de 2,40m de ancho, 3m de largo y una profundidad de 0,55m. Realizando revision de bibliografia se toman muy en cuenta las condiciones optimas para el adecuado desarrollo y reproduccion de la lombriz roja californiana, de este modo, se procedio a realizar una muy buena adaptacion de los tanques empezando con la realizacion de un sistema de desagüe para lograr el drenaje del humus liquido y que de este modo el tanque no se sature de agua y provoque una humedad no apta para la supervivencia de las lombrices. Estos tanques ahora denominados camas tambien se les hizo el instalado de tarros para la previa recoleccion del lixiviado y se cubrieron con polisombra al saber que la *Eisenia foetida* no es compatible con la luz solar y tambien para protegerla de los pajaros.

FIGURA 20. Proceso de desague en las camas.



Fuente: Propia

FIGURA 21. Adecuacion e instalado de recipientes para la recoleccion del lixiviado.



Fuente: propia

FIGURA 22. Adecuacion de polisombra encima de las camas.



Fuente: Propia

Determinar la cantidad y características de los residuos sólidos orgánicos aptos a tratar.

Una vez que ya se haya adecuado la zona de trabajo de acorde a las condiciones necesarias para la reproducción de la lombriz roja californiana se procedió a realizar la recolección de material orgánico. La empresa Ambiental SA ESP al prestar sus servicios de aseo, se tiene la posibilidad de tener las materias primas con mayor facilidad, de este modo, se estableció el día Lunes un vehículo para realizar la recolección de solo material orgánico el cual es procedente en gran cantidad del mercado campesino y los fruteros del municipio.

Constantemente al sitio de disposición final también ingresan aproximadamente 5,5 toneladas por mes lo que también hace más factible la posibilidad de disponer de este material. En cuanto a la recolección del estiércol bovino se dialogó con el dueño de una finca aledaña a la planta de disposición final para poder realizar la recolección de este insumo.

Al momento de tener las 3 materias primas empleadas para el sustrato de las lombrices se procede a realizar el pesaje de cada uno de ellos. Se realiza la caracterización, separación de material orgánico, el triturado de los 3 elementos a emplear.

FIGURA 23. Recoleccion de materia prima a utilizar.



Fuente: Propia

FIGURA 24. Figura. Pesaje de la materia prima.



Fuente: Propia

FIGURA 25. Separacion y caracterizacion de material organico.



Fuente: Propia

FIGURA 26. Triturado de materia prima y mezcla.



El dia en que se relaliza la mezcla de los 3 materiales empleados, a partir de ese dia se cuenta la creacion de la pila. Se inicia un proceso de precompostaje debido a que si se adiciona

directamente a las camas las lombrices reaccionan de una forma negativa debido a que se presenta un aumento de temperatura y pH.

Durante el transcurso de este proyecto se conformaron en total 13 pilas con un peso promedio de 2000 kilogramos cada una, con 1 m de altura. A estas pilas se les hizo toma de parametros tales como humedad, pH y temperatura diarios, se les hizo riego cada 3 dias sin embargo, esta actividad se realizaba de acuerdo al comportamiento de la pila y teniendo en cuenta el clima. En cuanto al volteo, fue tipo manual, inicialmente se hacia dia por medio pero con el transcurso del tiempo se pudo evidenciar que al hacer volteo cada 4 dias era una mejor opcion al lograr dejar la pila alcanzar temperaturas necesarias para cumplir con cada una de sus fases, cabe resaltar que se hacia volteo cada que alcanzaba aproximadamente los 50°C. Una vez que la pila tomaba un color marron oscuro y era casi imposible reconocer los materiales iniciales, ahí ya sabiamos que el proceo ya habia fnalizado y este sustrato estaba listo para adicionarle a cada una de las cunas. El tiempo de precompostaje tenia un tiempo de duracion de 15 a 20 dias.

FIGURA 27. Volteo, riego y toma de parametros de la pila de sustrato.



Fuente: Propia

Cuando hayan transcurrido los 15 a 20 días de precomposteo, se extiende la pila para lograr bajarle un poco la temperatura hasta los 27°C a 31°C, se dejan unas 3 a 4 horas y también se le adiciona agua melaza lo que hace que el alimento sea mucho más llamativo para la lombriz roja californiana. Se tiene en cuenta el peso de cada pila y así mismo se logra distribuir en las 5 cunas la misma cantidad de sustrato, las pilas son para el alimento y para realizar el trapeo para cuando sea tiempo de extraer el abono. La trampa se emplea usando polisombra en donde se cubre solo la mitad de la cama, encima el sustrato y una vez hayan transcurrido 8-12 días la lombriz empieza a pasarse y ya es momento apto para realizar la extracción del abono Humus.

En el momento en el que ya se encontraba listo el alimento, se hizo la siembra pie de cría de la lombriz roja californiana conocida como *Eisenia foetida*.

FIGURA 28. Siembra de la lombriz roja californiana.



Fuente: Propia

FIGURA 29. Alimentacion, trampeo y extraccion de abono humus.



Fuente: Propia

Cada que se hagan los procesos anteriormente mencionados se debe tener el control y seguimiento de los parametros que intervienen en el desarrollo y reproduccion de la lombriz, para asi mismo evaluar que estos son realmente los optimos y en caso de no ser asi, plantear estrategias para corregir el inconveniente.

FIGURA 30. Toma de parametros (Humedad, Ph, Temperatura)



FuentePropia

Para el tema de la oxigenacion cada vez que se alimentaba o se hacia el trampeo, lo que se intentaba hacer eran hoyos por toda la cama para asi lograr la aireacion y al mismo tiempo se tenian muy buenos resultados dado a que contribuia en el control de la temperatura del mismo modo se rastrillaba para evitar tambien empalmazar el abono.

FIGURA 31. Hoyos para la oxigenacion y el control de temperatura en las camas y rastrilleo.



Fuente: Propia

Concluidos todos los pasos anteriores, el abono humus entra en un proceso de secado, para esto, en uno de los espacios de la planta la cual es para el parqueo se logro acomodar un area de aproximadamente 30 m², alli se hizo la disposicion de pilas de cada una de las camas identificandolas, tambien si esta se encontraba muy humeda se iba tratando de realizar volteo cada 2 dias para asi agilizar su secado. Cuando este abono ya se encuentra manejable, suelto, no se empelmaza ya es momento de realizar el cribado y por consiguiente su previo empacado, se debe mencionar que cada bulto sera conformado por 25 kg. Una vez empacados se hace el traslado y se dejan en una bodega para su respectivo almacenamiento.

FIGURA 32. Secado, cribado, empacado y almacenamieto de abono humus.



Fuente: Propia

Evaluar los rendimientos de producción y calidad del abono humus producido. Teniendo ya un producto final, se procede a analizar los parámetros obtenidos. Se puede afirmar que el sustrato suministrado es el adecuado en donde se abarca con un 60% de material orgánico (frutas, verduras), con un 20% de material vegetal y un 20% de estiércol Bovino. Se evidencia una alta densidad poblacional, se presenta una buena reproducción dado a que realizando revisión del lombricultivo en distintas ocasiones hubo presencia de gran cantidad de cocones.

Para realizar una evaluación en cuanto a la calidad del abono se organizo un vivero y semillero para poder germinar diferentes especies de semillas con la finalidad de poder emplearlos dentro

de la planta como reforestación de aquellas zonas donde ya hubo celdas clausuradas. Se germino semillas de cachicamo, moriche, abarco, acacios, zunglae,entre otro.

FIGURA 33. Evidencia de la reproduccion de la Eisenia foetida (cocones y lombriz joven)



Fuente: Propia

FIGURA 34. *Proceso de germinacion de semillas y siembra de plantulas.*



Fuente: Propia

Materiales y herramientas

En este proyecto los elementos implementados fueron una trituradora, regaderas, pala, carretilla, zaranda, termometro de suelo, un phmetro, polisombra, palustre, rastrillo metalico, una bascula, y una cocedora.

FIGURA 35. Herramientas



Fuentes: Propia

TABLA 5. Seguimiento del lombricultivo.

		AMBIENTAR S.A. ESP						
		PLANILLA DE SEGUIMIENTO - LOMBRICULTIVO						
PILA	ESTIERCOL	MATERIAL VEGETAL	RESIDUOS ORGANICOS	TOTAL KG	FECHA INICIO	FECHA DE APLICACIÓN	KG PRODUCCION	OBSERVACIONES
1	120	45	1035	1200	13/01/2022	26/01/2022	368.	trampeo lado derecho
2	240	120	1930	2290	26/01/2022	08/02/2022		se hizo trampeo lado izquierdo
3	160	120	2070	2350	15/02/2022	03/03/2022	456.	se alimenta lado izquierdo
4	210	180	1980	2370	24/02/2022	12/03/2022		se hizo trampeo lado derecho
1	250	200	1870	2320	02/03/2022	21/03/2022	493.	se alimento lado derecho
2	230	190	1590	2010	09/03/2022	28/03/2022		se alimento lado derecho
3	250	160	1080	1490	16/03/2022	31/03/2022		trampeo lado izquierdo
1	250	220	1040	1510	31/03/2022	14/04/2022	310.	se alimento lado izquierdo
2	310	170	1350	1830	05/04/2022	18/04/2022		se alimento lado izquierdo
3	120	140	1580	1840	13/04/2022	28/04/2022		trampeo lado derecho
4	320	650	2210	3180	20/04/2022	09/05/2022	574.	se alimento lado derecho
1	180	208	1620	2008	11/05/2022	06/06/2022		alimento lado derecho
2	180	100	1100	1380	07/06/2022			
OBSERVACIONES								

La planilla anterior, muestra el seguimiento y el control del peso exacto de material orgánico, material vegetal y estiércol para la creación de las pilas. Durante el tiempo del proyecto se hizo extracción de abono 5 veces para un total de 2,201 kg de abono extraído en donde mayor cantidad se produjo fue el 09 de mayo con un total de 574 kg.

También muestra la fecha en donde se creo la pila y la fecha en la que se hizo la aplicación a cada una de las camas señalando si fue para alimentarlas o para realizar trampeo.

TABLA 6. Planilla seguimiento de parámetros

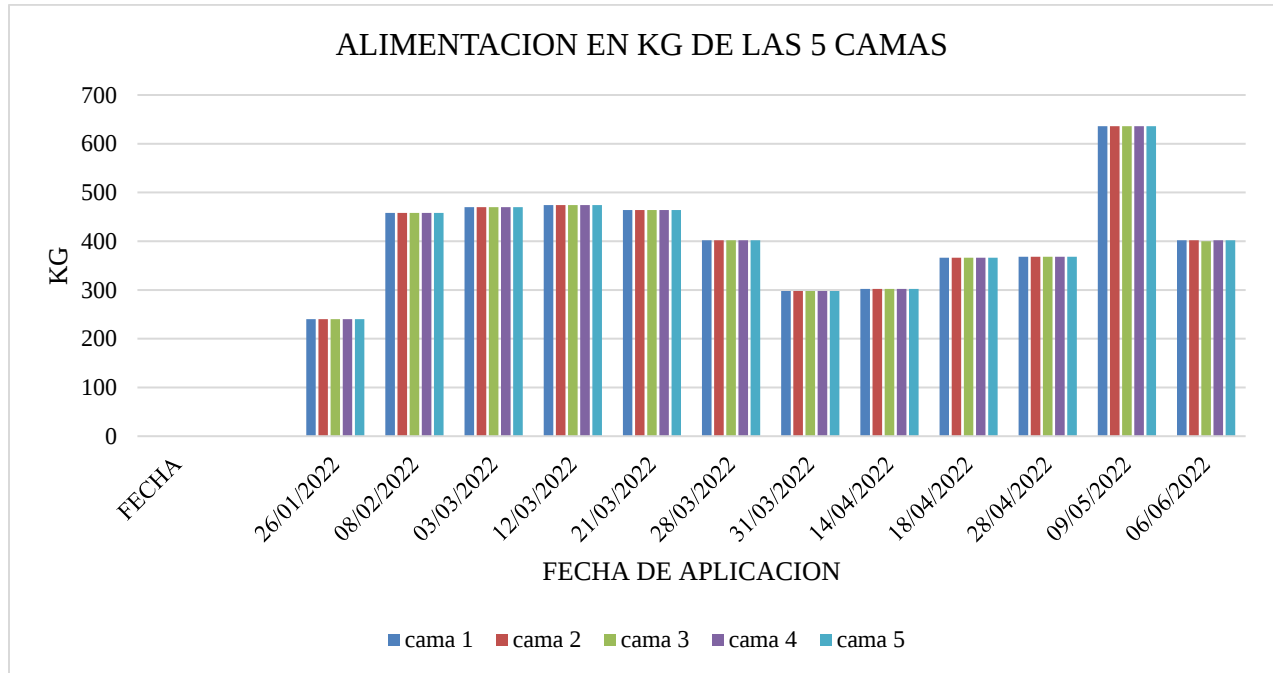
 ambientar S.A. Empresa de Servicios Públicos NIT 832.001.423-5				AMBIENTAR S.A. ESP																
				PLANILLA DE SEGUIMIENTO - LOMBRICULTIVO																
TAREAS REALIZADAS						CONTROLES SANITARIOS														
FECHA	ALIMENTACION (Kg)					HUMEDAD (% H)					TEMPERATURA (°C)					PH				
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5
26/01/2022	240	240	240	240	240	70	60	60	50	70	45	34	36	32	34	8,4	8	8,1	8,1	7,8
08/02/2022	458	458	458	458	458	80	83	80	70	79	41	29	38	42	36	7,6	8	8,3	7	8,4
03/03/2022	470	470	470	470	470	80	60	65	70	70	27	42	39	37	33	5,8	6,5	6,4	8	7,2
12/03/2022	474	474	474	474	474	75	60	80	65	70	31	33	29	36	40	7,8	5,7	6,6	6,8	7,4
21/03/2022	464	464	464	464	464	70	75	75	80	80	37	45	41	39	39	6,9	7	7,1	8	6,9
28/03/2022	402	402	402	402	402	74	80	70	65	60	33	36	35	36	40	7,1	8	7	7	8,1
31/03/2022	298	298	298	298	298	40	50	60	60	50	36	37	40	41		7,3	7,4	6,8	6,8	7
14/04/2022	302	302	302	302	302	80	70	65	69	70	32	42	36	33	41	8,9	8	7,3	6,6	7,4
18/04/2022	366	366	366	366	366	70	90	80	60	80	29	35	33	31	32	8,6	6,9	7	6,9	8
28/04/2022	368	368	368	368	368	70	70	80	90	65	35	44	39	40	37	8,4	8,1	6,9	6,8	7,5
09/05/2022	636	636	636	636	636	90	80	70	80	60	39	40	41	38	41	6,8	7	8	7,4	8
06/06/2022	402	402	400	402	402	70	60	65	70	60	41	35	38	36	32	8,2	7,6	7,5	6,8	6,6

Fuente: propia

La tabla 6 muestra la fecha en que hubo intervención en el área del lombricultivo. Se muestra exactamente la fecha de aplicación de sustrato ya sea para alimentarlas o hacer el trapeo y se identifica la cantidad de alimento dispuesta en cada una de las cunas, de este modo se presenta que se adiciono mayor cantidad de alimento el día 09 de mayo del presente año con un total de 636 kg por cada cuna, del mismo modo se analiza que donde menor hubo adición de alimento fue el día 26 de enero con una cantidad de 240 kg por cuna.

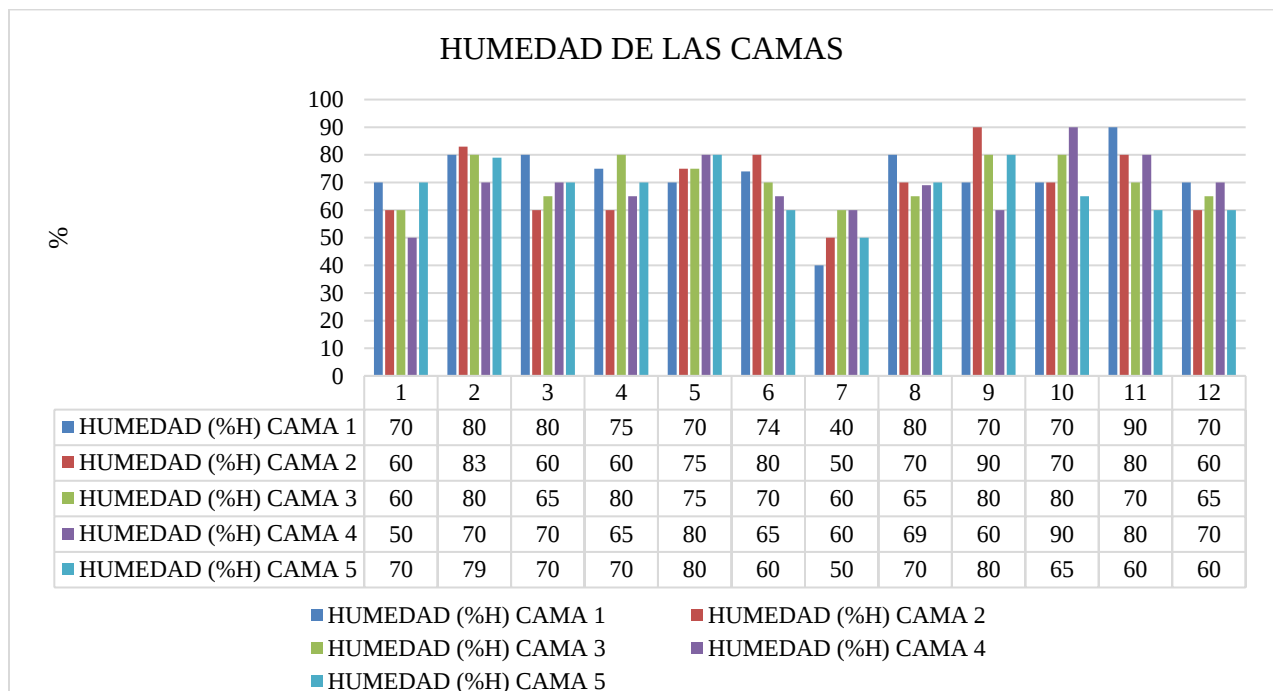
Además de la alimentación, también se muestran las mediciones de parámetros importantes en este proyecto tales como la humedad, la temperatura y el pH. A continuación, se muestran unas graficas de cada uno de los mencionados.

GRAFICA 1. Representación de la alimentación en Kg de las 5 cunas.



Fuente: Propia

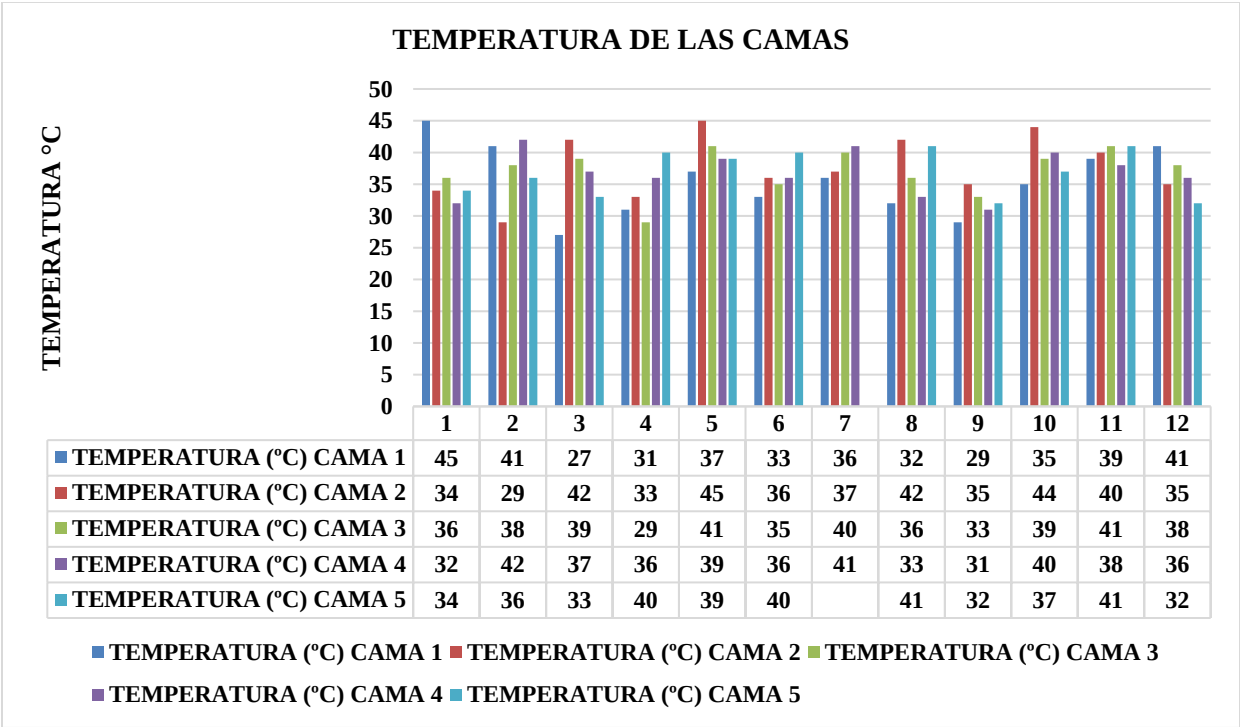
GRAFICA 2. Mediciones de PH en las 5 cunas.



En la gráfica 2 se puede observar las mediciones de humedad en cada una de las camas, estas mediciones son solamente la de los días en que se les hizo la aplicación del alimento. A pesar que se tomaron las mediciones los mismos días los rangos oscilan constantemente, en cuanto a la humedad de mayo el rango se presentó en la cama 2 con un valor del 90% y el menor fue en la cama 4 con un total del 50%.

El mayor valor se presento a consecuencia de que uno de los filtros instalados con anterioridad se encontraba tapado evitando de esta forma el desagüe del lixiviado provocando a su vez un aumento de humedad.

GRAFICA 3. Mediciones de temperatura en las 5 camas

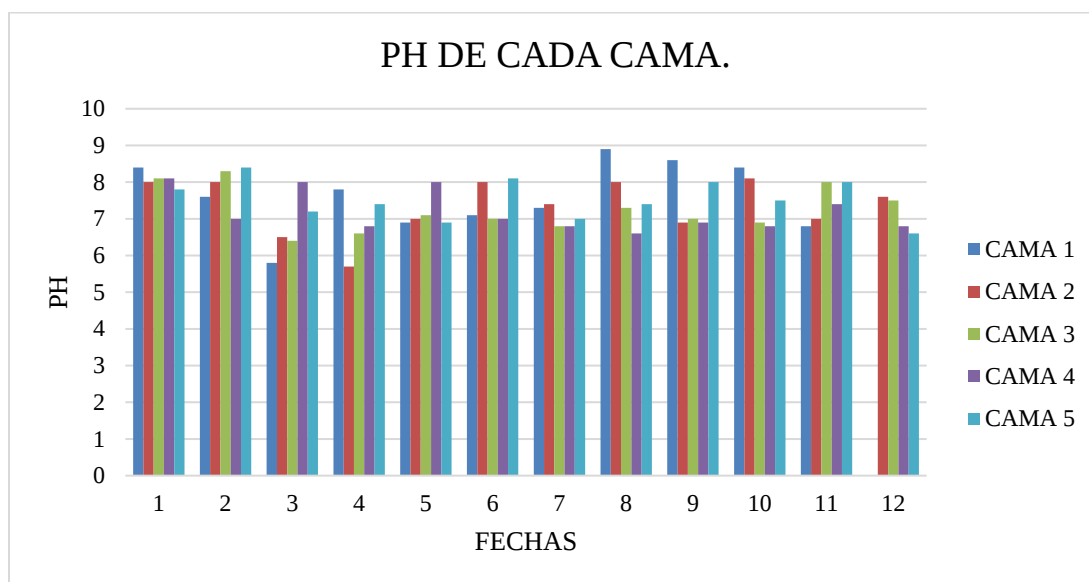


Fuente: propia.

En la grafica 3, se muestran datos de acuerdo a la temperatura tomada los días de aplicación del alimento en las 5 camas, en donde se evidencia continuamente los cambios en esta unidad sanitaria.

Se debe tener en cuenta que esta variable, va a oscilar también de acuerdo a la temperatura ambiente y las condiciones climáticas. De este modo se evidencia que se logró tener una temperatura por encima de los 40°C en la cama 1, las temperaturas mas elevadas se presentaron más frecuentes durante los meses de enero y febrero en donde el municipio de San José del Guaviare presentaba un gran periodo de verano.

GRAFICA 4. Mediciones de pH en las 5 camas.



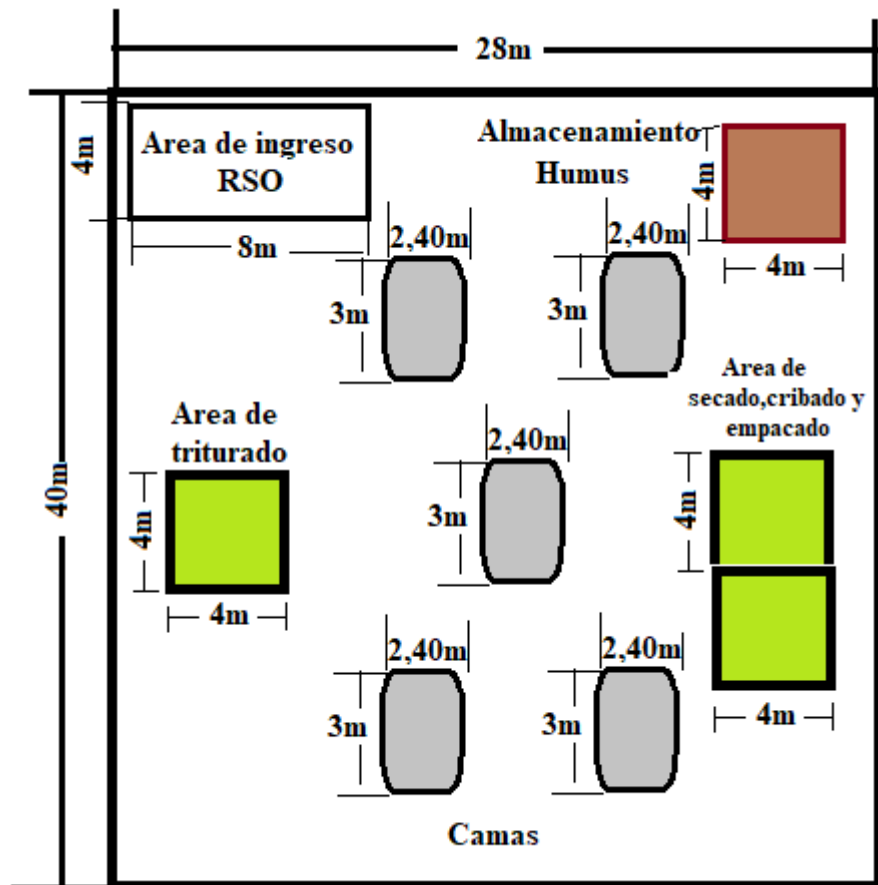
Fuente: Propia.

La grafica nos enseña que en la cama 1 se logró alcanzar un pH muy cerca de 9. Esto genero cambios abruptos en los anélidos debido a que no es una condición óptima para su supervivencia, se analizaron el agua con que se realizaba el riego y de aquí se determinó el proceso de su gran elevación. En la cama 2 fue donde se logró tener el ph más óptimo para la reproducción de la lombriz variando de 6,8 a 7.

Definición de la infraestructura de la zona destinada para el área de lombricultivo en la planta de aprovechamiento de rso del algarrobo del municipio de san José del Guaviare-Guaviare.

Con los resultados anteriores se estableció el diseño de la infraestructura de la planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del municipio de San José del Guaviare. Que consta de 5 camas de $2.4\text{m} \times 3\text{m}$, equivalente a un área de 7.2m^2 por cama, en total sería un área de 36m^2 para las camas. Además, la planta tiene un Área de descarga de Residuos sólidos orgánicos RSO de $8\text{m} \times 4\text{m}$, equivalente a 32m^2 . Así mismo un Área de triturado y a su vez de acopio para las pilas de compost con unas dimensiones de $4\text{m} \times 4\text{m}$, equivalente a 16m^2 , Un área de secado, cribado y empaquetado de abono con un total de $8\text{m} \times 4\text{m}$ equivalente a un total de 32m^2 , y finalmente un área de almacenamiento del abono con un área de 16m^2 .

FIGURA 36. Vista planta Diseño de planta de residuos organicos



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

-Se logró identificar el estado inicial de las instalaciones llegando a la conclusión que estas carecían de unas condiciones óptimas y necesarias para la reproducción de la lombriz roja californiana.

-Al implementarse camas piloto con diferentes porcentajes de sustrato se logra identificar que la reproducción aumento con la pila de compost conformada en gran cantidad por frutas y verduras siendo estas de 60%, de estiércol 20% y de material vegetal con un 20%.

-Realizando toma de parámetros se identifica una elevada temperatura en cama 1 siendo esta de 45°C, de esta forma, se identifica que el problema fue ocasionado por los parámetros ambientales óptimos en los que se encontraba la pila de sustrato, así mismo se concluye que a esta es mejor realizarle el volteo cada 2 a 4 días y a su vez ir regando con agua lluvia y agua melaza. El tiempo de compostaje se estableció de 18 a 20 días.

-Se analizan los rendimientos de producción y calidad del abono humus efectuando la germinación de distintas especies de semillas tales como abarco, acacios, moriche, y cachicamo en donde se concluye que los resultados son altamente eficaces logrando obtener en poco tiempo muy buenos resultados.

-El proceso de lombricultivo al estarse desarrollando y operando de la mejor manera no presenta ningún tipo de impacto ambiental negativo, aparte de esto demuestra ser una herramienta muy útil para tener la posibilidad de extender la vida útil de un relleno sanitario y también compensa al suelo contemplado que es un producto altamente eficaz.

-Queda en evidencia que el abono orgánico llamado Humus ofrece un sin fin de ventajas, una de ellas es la disminución de residuos sólidos orgánicos ya que se está empleando el aprovechamiento

-Se puede concluir que el sistema de lombricultivo es un método de bajo costo y que presenta la posibilidad de obtener un fertilizante de una muy buena calidad.

-La implementación de este proyecto, brinda la posibilidad de generar y compartir el conocimiento a otras organizaciones que deseen ser amigables con el medio ambiente y de esta forma lograr reducir el impacto ambiental generado por los RSO.

Recomendaciones

-Al momento de realizar un diseño de lombricultivo lograr enfocarse muy bien en todos los parámetros requeridos para su supervivencia y así mismo determinar una zona totalmente adecuada con ciertas condiciones ambientales tales como luminosidad y temperatura.

-Lograr realizar toma de parámetros cada día intermedio o cada 2 días para así mismo lograr identificar o analizar con mayor exactitud el comportamiento de cada uno de los sustratos y así determinar qué tan optimo son para la lombriz roja californiana.

-Al momento de determinar el alimento adecuado evitar en gran cantidad realizar el triturado de material orgánico tales como cebolla y cascara de maracuyá y limones dado a que altera el PH y perjudica de cierta manera a la lombriz.

-Como el proyecto se realizo en una zona cálida por ende se recomienda hacer el riego al menos 3 veces a la semana hasta lograr la humedad requerida, tener en cuenta que la mejor opción es realizar este riego con agua lluvia, también regar con agua melaza el sustrato un dia antes de ser adicionado a cada una de las cunas.

Anexos

A continuación, se muestran formatos empleados en el área de trabajo para tener un control preciso de cada uno de los parámetros.

 AMBIENTAR S.A. ESP. PLANILLA DE SEGUIMIENTO - LOMBRICULTIVO							
PILA	ESTIERCOL	MATERIAL VEGETAL	RESIDUOS ORGANICOS	TOTAL KG	FECHA INICIO	FECHA DE APLICACIÓN	KG PRODUCCION
1	120	45	1,035	1,200	13/01/2022	26/01/2022	368
2	240	120	1,930	2,290	26/01/2022	08/02/2022	
3	160	120	2070	2,350	15/02/2022	03/03/2022	456
4	210	180	1,980	2,370	24/02/2022	12/03/2022	
1	250	200	1,870	2,320	02/03/2022	21/03/2022	493
2	230	190	1,590	2,010	09/03/2022	28/03/2022	
3	250	160	1,080	1,490	16/03/2022	31/03/2022	
1	250	220	1,040	1,510	31/03/2022	19/04/2022	310
2	310	170	1,350	1,830	05/04/2022	18/04/2022	
3	120	140	1,580	1,840	13/04/2022	28/04/2022	
OBSERVACIONES		Mantener en cuenta un porcentaje promedio del 60% de orgánico, 20% vegetal y 20% de estiércol.					

 ambientar S.A. Empresa de Servicios Públicos tel. 732 221 8233					AMBIENTAR S.A. ESP																			
PLANILLA DE SEGUIMIENTO - LOMBRICULTIVO																								
TAREAS REALIZADAS										CONTROLES SANITARIOS														
FECHA dd/mm/aa	ALIMENTACION (Kg)					HUMEDAD (%H)					TEMPERATURA (°C)					PH								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
26/01/2022	240	240	240	240	240	70	60	60	50	70	45	34	36	32	34	8.4	8	8.1	8.1	8.8				
08/02/2022	458	458	458	458	458	60	83	80	70	79	41	29	38	42	36	7.6	8	8.5	7	8.4				
03/03/2022	470	470	470	470	470	80	60	65	70	70	27	42	39	37	33	5.8	6.5	6.4	8	7.2				
12/03/2022	474	474	474	474	474	75	60	60	65	70	31	33	29	36	40	7.8	5.7	6.6	6.8	7.4				
21/03/2022	464	464	464	464	464	70	75	75	80	80	53	45	41	39	39	6.9	7	7.1	8	6.9				
28/03/2022	407	407	407	407	407	74	80	70	65	80	33	26	35	36	40	7.1	8	7	7	8.1				
31/03/2022	248	248	248	248	248	40	50	60	60	50	36	27	40	41	38	7.3	7.4	6.8	6.8	7				

Bibliografía

- ambiente, M. d. (1998). *Política para la Gestión Integral de Residuos*. Bogota.
- Campesinos, F. H. (2005). *Cría de la Lombriz de Tierra*. Medellin-Antioquia .
- Cerdas, I. C. (2004). *Lombricultura Tecnica mexicana* . Texcoco-Mexico .
- colombiana, N. t. (2009). *gestion ambiental de residuos solidos* . Bogota.
- DELGADO, J. M. (2011). “*EL USO DE LA LOMBRICULTURA EN CULTIVOS DE CICLO CORTO Y SU INCIDENCIA EN LA CONSERVACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL SITIO PUNTA Y FILO DEL CANTÓN CHONE*. QUITO-ECUADOR .
- Diaz, A. E. (2002). *LOMBRICULTURA-UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCION* . La Rioja .
- Fajardo. (2002). *Manual Agopecuario*. Bogota-Colombia.
- Familiar, B. (2017). *programa manejo de residuos* . san jose del guaviare .
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile.
- Guerra, D. C. (2020). *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)*. Boyaca.
- Hidronor. (2018). *Diccionario Ambiental* . Colombia .
- Lombrimadrid. (2011). *Breve historia del lombricultivo*. Madrid.
- (2016). *Manual de lombricultura*.
- Marnetti, J. (2012). *Implementacion de la produccion de lombricultura* . Mendoza .
- Martinez, C. E. (1999). *Potencial de la lombricultura, elementos basicos para su desarrollo* . Mexico .
- Moreno, R. (2020). *Evaluación de la factibilidad del uso de residuos urbanos para la elaboración compost en el canton cotacachi provincia de imbabura*. Imbabura.
- Peña, M. R. (2005). *produccion de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida), elaborado con diferentes sustratos vegetales* . La Paz-Bolivia .
- pirque, E. A. (2002). *Lombricultura y composstaje* . Pirque .
- pueblos, c. (2017). *Cumbre Pueblos*. Boyaca.
- Rodriguez, R. Q. (2004). *La lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento de residuos solidos organicos* . Texcoco-Mexico.

Sanchez. (2003). *Abonos organicos y lombricultura*. Lima-Peru.

Sanchez, S. F. (2009). *EFEECTO DE LA UTILIZACIÓN DE ASERRÍN EN COMBINACIÓN CON ESTIÉRCOL BOVINO COMO SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ Eisenia foétida*. Riobamba-Ecuador .

Somarriba, I. A., & Msc. Fidel Guzman . (2004). *guia de lombricultura* . Nicaragua : Dirección de Investigación, Extensión y postgrado (DIEP).

Somarriba, I. A., & Msc. Fidel Guzman. (2004). *Guia de lombricultura*. Nicaragua.

Tenecela, X. (2012). *produccion de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos organicos* . Cuenca .

Velasquez, G. (2021). *Diseño del proceso de Lombricompostaje para poner en funcionamiento la estación del municipio de Granada Meta*. Granada,Meta.