

Prevención y control de la contaminación ambiental

DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTIVO COMO  
SOLUCIÓN PRIMARIA PARA EL PROCESAMIENTO DE RESIDUOS  
BIODEGRADABLES, EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL ECOPARQUE LOS  
TRAPICHES

PAOLA ANDREA PINEDA AVELLA (1) COD. 064121052

BRANDON CAMILO BARRETO VACCA (2) COD. 064121057

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ, 2019

Prevención y control de la contaminación ambiental

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTIVO COMO  
SOLUCIÓN PRIMARIA PARA EL PROCESAMIENTO DE RESIDUOS  
BIODEGRADABLES, EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL ECOPARQUE LOS  
TRAPICHES

PAOLA ANDREA PINEDA AVELLA (1) COD. 064121052

BRANDON CAMILO BARRETO VACCA (2) COD. 064121057

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Jhon Jaime Valencia Sandoval

Codirector: Ing. M.Sc. Lida Esperanza Ruiz Martinez

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ, 2019

**Declaratoria de originalidad**

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

“El presente trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental de la Universidad Libre no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de calificación alguna, ni de título, o grado diferente o adicional al actual. Los resultados aquí obtenidos, son producto de las investigaciones del autor (es), excepto donde se indican las fuentes de Información consultadas”.

Paola Andrea Pineda

PAOLA ANDREA PINEDA AVELLA (1) COD. 064121052

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Brandon Camilo Barreto Vacca', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive. There are four small arrows pointing outwards from the signature: two above and two below.

BRANDON CAMILO BARRETO VACCA (2) COD. 064121057

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

## **ACEPTACIÓN**

**Nota de aceptación**

---

---

---

Firma primer jurado

---

Firma segundo jurado

---

Bogotá D.C. (2019)

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
3. JUSTIFICACIÓN INICIAL .....	4
4. OBJETIVOS .....	6
4.1. Objetivo General: .....	6
4.2. Objetivos Específicos: .....	6
5. MARCO REFERENCIAL.....	7
5.1. Antecedentes.....	7
4.1.1 NACIONAL: .....	7
4.1.2 LOCAL.....	9
5.2. Marco Teórico: .....	13
5.3. Marco Conceptual.....	14
5.4. Marco Geográfico.....	31
5.5. Marco legal: .....	34
6. DISEÑO METODOLOGICO .....	37
3. RESULTADOS OBTENIDOS .....	39
a. Identificación inicial.....	39
b. Muestra Piloto .....	55
c. Diseño a escala real .....	79
d. Protocolo de diseño .....	91
4. CONCLUSIONES .....	95
5. RECOMENDACIONES .....	97
6. BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	104

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Parámetros físico químicos.....	23
Tabla 2: Marco legal.....	34
Tabla 3: Metodología del proyecto.....	38
Tabla 4: Base de datos .....	40
Tabla 5: Características físicas de los residuos, Los Trapiches.....	44
Tabla 6: Características físicas de los residuos, Los Tunos.....	46
Tabla 7: Características físicas de los residuos, La Granja ecoaventura .....	48
Tabla 8: Características físicas de los residuos, Piqueteadero el PIN .....	49
Tabla 9: Características físicas de los residuos, Las Delicias De Maria E.....	51
Tabla 10 Características físicas de los residuos, Pescadería Rio Mar. ....	52
Tabla 11: Coordenadas geográficas de los restaurantes.....	53
Tabla 12: Peso de residuos restaurante Los Trapiches .....	61
Tabla 13: Parámetros de los lechos.....	63
Tabla 14: Datos de parámetros.....	64
Tabla 15: pH de los lechos .....	66
Tabla 16: Resultado de Humedad.....	67
Tabla 17: Recolección del humus.....	68
Tabla 18: Cantidad de alimentos en los lechos.....	69
<b>Tabla 19: Conteo de especies por lecho .....</b>	<b>72</b>
Tabla 20: Materiales y presupuesto, Prueba piloto .....	75
Tabla 21: Construcción de la muestra piloto.....	78
Tabla 22: Promedio de cantidad de residuos de los restaurantes .....	82

Tabla 23: Actividades del recorrido.....	83
Tabla 24: Registro de parámetros medidos, estructura. ....	87
Tabla 25: Presupuesto del proyecto, escala real .....	88
Tabla 26: Tabla de contenido, Cartilla. ....	92

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Fases de enfriamiento .....	17
Figura 2: Muestrea al azar estratificado .....	28
Figura 3: Residuos (Aparicio, 2011)orgánicos a nivel nacional .....	31
Figura 4: Ubicación de San Antonio del Tequendama .....	32
Figura 5: Ubicación georreferenciada de los restaurantes .....	54
Figura 6: Ubicación, restaurante prueba piloto .....	56
Figura 7: Planos del restaurante de la prueba piloto .....	56
Figura 8: Planos muestra piloto.....	60
Figura 9: Planos cuarto de lombricultivos, muestra piloto.....	60
Figura 10: Puntos de muestreo en los lechos .....	71
Figura 11: Planos cuarto de compostaje, muestra piloto.....	74
Figura 12: Planos generales, escala real.....	81
Figura 13: Planos del cuarto de lombricultivos, escala real .....	81
Figura 14: Planos del cuarto de compostaje, escala real .....	82
Figura 15: Ruta Critica .....	86
Figura 16: Cartilla informativa.....	94

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos orgánicos es cada vez más creciente, generando una serie de impactos ambientales significativos especialmente sobre el agua, suelo y aire. Si bien, en los últimos años se ha concientizado sobre la importancia de la separación en la fuente y la disposición adecuada de los diferentes tipos de residuos que se producen, estos por lo general continúan llegando al relleno sanitario en donde son enterrados, generando lixiviados que contaminan el agua subterránea, gases que contaminan el aire y generando malos olores que afectan la calidad de vida y el bienestar de las comunidades aledañas a los lugares de disposición. Si bien, en la zona rural es más sencillo reutilizar este tipo de residuos, en la mayoría de los casos termina en el relleno sanitario o contaminando fuentes de agua.

Partiendo de esta situación, este trabajo busca explorar una alternativa para el manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos, producidos por varios restaurantes de San Antonio del Tequendama, utilizando este tipo de residuos como materia prima para la elaboración de lombricompost, el cual es utilizado como fertilizante en otros procesos productivos dentro del Ecoparque Los Trapiches. De esta manera, se contribuye a la disminución de desperdicios que generalmente se convertirían en fuente de contaminación, produciendo un fertilizante que sirve como soporte a la producción agrícola que se da dentro del Ecoparque Los Trapiches.

Dentro de este trabajo de investigación, se realizó una caracterización de los residuos orgánicos producidos por cada uno de los restaurantes, la implementación de un prototipo del sistema propuesto a escala piloto, el diseño del sistema para la producción de lombricompost más pertinente teniendo en cuenta la información recolectada y por último la formulación de protocolos de lombricultura y compostaje a diferente escala.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de tiempo, conciencia y conocimiento en temas de: Manejo, clasificación, transformación y aprovechamiento de residuos biodegradables, son los principales factores por los cuales se puede llegar a presentar una mala disposición de residuos sólidos y materiales biodegradables (Díaz, 2002).

En el municipio de San Antonio del Tequendama, Cundinamarca, a 56 km de Bogotá, se encuentra la Vereda Arracachal, donde se hace evidente el manejo inadecuado de los residuos biodegradables por parte de los establecimientos públicos. En la vereda, encontramos ocho establecimientos públicos que en total generan aproximadamente entre 100 y 200 kilos diarios de desechos sólidos, en los cuales se puede evidenciar material aprovechable; en algunos establecimientos los residuos biodegradables se mezclan con los demás desperdicios del día sin ningún control y son puestos en bolsas de basura para ser recolectados posteriormente por la empresa de aseo municipal, la cual tiene una frecuencia de una vez a la semana (Barreto, 2017), en otros casos, son enterrados de manera superficial en zonas aledañas o en el mismo establecimiento, generando malos olores.

Estos desechos generados, son dejados en zonas al aire libre, mientras tanto, estos se van degradando, generando una serie de impactos ambientales negativos, que según autores como (Jaramillo, 2003) pueden generar:

1. Contaminación del aire, que se genera por la descomposición de residuos depositados en los botaderos al aire libre, produciendo malos olores.
2. Contaminación del suelo por acumulación de residuos, los cuales en su proceso de degradación generan lixiviados que alteran las condiciones fisicoquímicas del suelo.
3. Contaminación visual, que se da por la disposición de basuras al aire libre que van

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

siendo fuente de deterioro del ecosistema, los sitios turísticos, las tierras agrícolas y a su vez afectando la flora y fauna de la región.

4. Contaminación del agua, en donde se realizan vertimientos inadecuados a las fuentes hídricas cercanas, deteriorando la calidad del agua y/o generando malos olores

5. Por último, encontramos la proliferación de aves carroñeras, roedores e insectos que encuentran en los desechos una buena fuente de alimentación y un hábitat de reproducción favorables. Los cuales pueden llegar a ser transmisores de enfermedades al ser humano.

Por lo anterior, la comunidad que habita la vereda Arracachal, se ve afectada directamente por el mal manejo que se les da a estos desechos, puesto que las viviendas o demás negocios comerciales, están muy cerca a estos establecimientos públicos, que no tienen un plan para el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos.

La alternativa de solución propuesta desde este trabajo de investigación para la problemática descrita anteriormente, se convierte en una estrategia viable ambiental, social y financieramente para los ocho restaurantes objetos del estudio, ya que se realizara una disposición adecuada de los residuos orgánicos producidos, utilizándolos como soporte para otros procesos que se dan dentro del Ecoparque los Trapiches, imitando en cierto modo el funcionamiento de la naturaleza al no generar desperdicios dentro de ninguno de sus procesos. Desde el punto de vista científico se está dando un aporte para que este sector económico comience a ser sostenible, aplicando un principio básico de la naturaleza explorado desde nuevas corrientes como la economía azul, en la cual se busca imitar el funcionamiento de los ecosistemas en los procesos productivos, teniendo como premisa fundamental la generación de cero desperdicios.

### **3. JUSTIFICACIÓN INICIAL**

La disposición y adecuado manejo de los residuos biodegradables, contribuye en el control y disminución de impactos ambientales negativos, como la contaminación del suelo, la contaminación visual y la disminución de plagas, que representan un riesgo para la salud del ser humano (Jaramillo, 2003).

La lombricultura es una práctica natural amigable con el medio ambiente, donde se emplea la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para el reciclaje de materiales biodegradables que por medio de su digestión transforman la materia orgánica en humus, el cual es un abono rico en fósforo, potasio y calcio, que contribuye en el mejoramiento y estabilidad del suelo, empleado en industria y agricultura. La lombriz roja californiana, es una de las especies de lombrices más utilizadas en esta práctica, ya que su frecuencia reproductiva es alta, posee mayor longevidad (15 a 16 años), presenta docilidad para la crianza en ambientes reducidos, por su mayor velocidad y volumen en la producción de lombricompost. Comparada con otras especies de lombriz, es posicionada como uno de los anélidos más eficientes en producción de abono (Díaz, 2002).

El proyecto busca tomar los residuos biodegradables de los establecimientos identificados previamente y así mismo por medio del compostaje seguido de lombricultura, y un adecuado plan de trabajo, manipularlos, clasificarlos y procesarlos, para luego obtener lombricompuesto con el fin de emplearlo en diferentes usos, ya sea a nivel familiar como abono para plantas y flores de jardín o a nivel comercial como fertilizante en horticultura, floricultura, fruticultura y agricultura (Rural, 2013).

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Al considerar, que el volumen de material que genera el Ecoparque Los Trapiches, es demasiado alto y que los lechos de lombricultura son de poco tamaño, se pretende evitar el apilamiento de materiales biodegradables en cada lecho por medio del compostaje.

El compostaje se conoce como la técnica de degradación natural de los residuos biodegradables, por medio de microorganismos presentes. La diferencia entre la lombricultura y el compostaje, es que las lombrices son los organismos principales para la degradación de los residuos y en el compostaje es la temperatura elevada, ya que los anélidos no soportan altas temperaturas. (Vargas, 2016)

El compostaje permitirá hacer un tratamiento previo a los residuos que lleguen en exceso para que se acopien allí, los cuales durarán poco y luego se enviarán a los lechos para ser degradados totalmente por la lombriz.

El proyecto cuenta con el respaldo del restaurante Ecoparque Los Trapiches, que proporcionará áreas amplias y especiales de sus instalaciones para la realización del proyecto así como mano de obra y herramientas. Las áreas que el Ecoparque facilita, están lejos de la comunidad lo que garantiza que la realización del proyecto no genera impactos negativos o aumenta la problemática presente al momento de su realización.

Este trabajo tiene antecedentes nacionales así como internacionales, es de destacar el trabajo descrito por (Lamas, 2016), en el cual se diseñó un espacio para compostaje para el manejo sustentable de residuos orgánicos en restaurantes y hoteles, de varias zonas turísticas de Argentina; en este trabajo se exploró el compostaje como una alternativa de transformación productiva de los residuos sólidos, imitando el proceso de la naturaleza con la implementación de una tecnología simple y que no requiere altas inversiones de dinero para su construcción.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

#### **4. OBJETIVOS**

##### **4.1. Objetivo General:**

Diseñar un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de los residuos biodegradables, generados en la zona de influencia del Ecoparque Los Trapiches

##### **4.2. Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar los establecimientos involucrados en el proyecto y los tipos de residuos generados por los mismos
2. Implementar un prototipo a escala piloto que permita analizar el comportamiento de las pilas y las lombrices
3. Diseñar un sistema de compostaje y lombricultura que permita tratar los residuos orgánicos generados por los establecimientos participantes.
4. Formulación de protocolos de lombricultura y compostaje a diferente escala

## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. Antecedentes**

#### **4.1.1 NACIONAL:**

#### **Evaluación de tecnologías (compostaje, lombricultura y bokashi) para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de Puerto Gaitán-Meta:**

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por el inadecuado manejo y disposición final, que en algunos sitios se les da cotidianamente, lo cual va ligado directamente con el incremento de la población, hábitos de consumo y también a los diferentes y nuevos procesos de transformación industrial. En el Municipio de Puerto Gaitán Meta, del total de residuos producidos “el 39% corresponde a orgánicos y de estos sólo el 0,016% se aprovechan por medio de procesos de compostaje”, por lo cual los residuos no aprovechados son debidamente transportados en un recorrido de más de 194 kilómetros y dados a disposición final por parte del relleno sanitario Parque Ecológico Reciclante en el municipio de Villavicencio, Meta (Rico & Leguizamón, 2019).

En el desarrollo de un proyecto que buscaba mejorar dicha situación se tuvieron en cuenta el valor cultural y social, el cual busca incentivar a la población de Puerto Gaitán Meta para que se adopten prácticas de lombricultura y compostaje, que creen beneficios económicos para el lugar, ya que al tratar los residuos por medio de estos procesos de transformación, se disminuye la cantidad de residuos que son transportados a otra ciudad para su disposición final, lo que genera costos al municipio, que pueden ser invertidos para atender otras necesidades de la población (Rico & Leguizamón, 2019).

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

### **Estudio de pre factibilidad del cultivo de lombrices para la producción y comercialización de humus en Acacias-Meta:**

El principal objetivo del estudio de Pre factibilidad del cultivo de lombrices para la producción y comercialización de humus en Acacias, fue considerar la pertinencia de la utilización del lombricompost en este Municipio, debido a que sus suelos presentan características físicas y químicas que generan un alto grado de acidez, además del desarrollo de actividades intensivas en el uso del suelo como el de la Ganadería y la Agricultura, sobre todo esta última que requiere de una gran cantidad de químicos, que en el mediano plazo van disminuyendo la fertilidad y la sostenibilidad de los cultivos (Aparicio, 2011).

El proyecto tiene como fundamento principal encontrar en el lombricompost una alternativa para el mejoramiento físico-químico de los suelos de Acacias Meta, ya que se caracterizan por presentar condiciones únicas, que tienden a desmejorar continuamente por las actividades ganaderas y agrícolas, por ello la cría de lombriz, permite obtener un material rico en nutrientes que puede mejorar e incluso devolver al suelo las condiciones ideales para evitar fenómenos de erosión y contribuir de esta manera a la recuperación de suelos degradados, creando adicionalmente, una fuente de empleo e ingresos por la comercialización del humus dentro del municipio de Acacias (Aparicio, 2011).

### **Perspectivas de aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales.**

De los residuos sólidos municipales (RSM), los biorresiduos son la fracción más alta y de mayor potencial de contaminación; el compostaje permite disminuir el impacto ocasionado por su manejo y contribuye con la sostenibilidad de la producción agrícola. Aspectos como el

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

alto grado de contaminación de la materia prima, el uso de tecnologías inadecuadas, mínimas actividades operativas y de control del proceso, baja calidad del producto y la poca comercialización y mercadeo del mismo, han limitado la implementación del compostaje en mayor escala en países en desarrollo como Colombia (Oviedo, Marmolejo & Torres, 2012).

El siguiente artículo permite dimensionar el alcance que puede llegar a tener el uso del compostaje para el tratamiento de biorresiduos en países en vía de desarrollo, a su vez explica cómo estas prácticas no se han podido desarrollar a causa del uso de tecnologías inadecuadas que modifican las características del biorresiduo. De igual forma nos permite diseñar estrategias para el fortalecimiento de estas prácticas, aprovechando la normatividad vigente, la capacitación profesional, la identificación y la separación en la fuente, estudios de mercadeo y manejo del producto (Oviedo, Marmolejo & Torres, 2012).

#### **4.1.2 LOCAL:**

#### **Propuesta para el aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos mediante la producción de abonos en aldeas infantiles SOS:**

Actualmente dentro del proyecto de agricultura urbana liderado por el Jardín Botánico de Bogotá, se han generado espacios de participación comunitaria donde se reúnen los agricultores urbanos entorno a las prácticas de la agricultura orgánica, donde se busca producir alimentos sin la utilización de productos químicos de origen sintético, además la producción de estos está ligada a la optimización de los recursos que produce la misma huerta y el entorno que la rodea, propagando especies agroalimentarias que hacen parte de un patrimonio genético, utilizando los residuos orgánicos domésticos para la producción de abonos, recolectando aguas lluvias para el riego de las plantas, reutilizando algunos recipientes

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

plásticos para la siembra de especies vegetales; convirtiendo a estos espacios en huertas autosuficientes (Moreno, 2013).

El uso de fertilizantes de síntesis química en los procesos agroindustriales de poca y gran escala terminan por convertirse en una problemática a largo plazo, que termina repercutiendo en la salud humana, por tal motivo, el deseo de remplazar estos fertilizantes con abonos limpios y naturales se convierte en una de las metas que se pretende alcanzar dentro de este proyecto, ya que busca incentivar el uso de este tipo de abonos en espacios de participación comunitaria, donde se establecen huertas urbanas para autoconsumo, con un enfoque de reutilización y disminución del impacto ambiental, contemplando la lombricultura y el compostaje como posibles herramientas para lograr este fin tras la obtención del humus (Moreno, 2013).

### **Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura**

Buscando mejorar la calidad de vida y la dinámica de contaminación que ha ocasionado el incremento en la población bogotana la cual se encuentra aproximadamente en ocho millones de habitantes, produciendo así 6.300 toneladas de residuos sólidos por día. Algunos estudios indican que la composición de los residuos urbanos en Bogotá posee alrededor del 55.22% de residuos orgánicos biodegradables (en su mayoría, el 74%, generados por usuarios residenciales). El manejo que se le da a estos residuos consiste principalmente en: recolección, transporte y disposición final en el relleno sanitario. Dicho proceso conlleva problemas ambientales asociados, ya que los residuos depositados en el relleno pierden su utilidad y las condiciones anaerobias de descomposición de esta materia orgánica dentro del relleno liberan diversos gases nocivos a la atmósfera causantes del efecto invernadero, así

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

como lixiviados que generan contaminación del agua y del suelo; además se incurre en un gasto energético considerable para transportar estos residuos por largas distancias hasta el único relleno sanitario de la ciudad (Secretaría Distrital de Hábitat, S.F.).

Un análisis cuantitativo y cualitativo permite obtener resultados porcentuales que demuestran que la gran mayoría de residuos que genera la ciudad de Bogotá son de origen orgánico y que debido a su acumulación intensiva en el mismo centro de acopio termina por convertirse en focos de contaminación, que perjudican el entorno natural y ponen en peligro los recursos naturales, adicional a esto el desaprovechamiento energético que tienen obliga a los entes de control a buscar procesos de aprovechamiento de dichos residuos, por esto el contenido de este trabajo muestra la importancia y el gran beneficio que da el uso de la lombricultura y el compostaje para la transformación, aprovechamiento y uso y cultural secundario de estos residuos, empleándolos posteriormente en procesos agrícolas que buscan la disminución del impacto ambiental y generar un beneficio social para las comunidades, que ven en estas prácticas una posibilidad de mejora para su calidad de vida (Secretaría Distrital de Hábitat, S.F.).

### **Lombricultura: Una alternativa productiva**

El proyecto inicia con la evaluación de las condiciones actuales de la finca, con el fin de establecer sus requerimientos de abonos y tener un parámetro inicial para el establecimiento del proceso. Adicionalmente se realiza un análisis de los posibles clientes para el producto y los competidores del mercado local. Posteriormente se realiza el establecimiento del proceso, basándose en los requerimientos internos y el análisis de clientes y competencia. Para esto se realiza la documentación, se establecen los costos asociados, las necesidades de talento humano así como su medición mediante la metodología del Tiempo Estándar, Una vez

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

se ha establecido el proceso, se definen las condiciones físicas necesarias para realizar la operación y se constituyen los costos asociados, finalmente, se realiza la evaluación financiera de la iniciativa, proyectando escenarios posibles de ventas, y realizando el cálculo de indicadores financieros como la Tasa Interna de Retorno, el Valor Presente Neto, entre otros (Maldonado, 2010).

El contenido del trabajo nos permite analizar y determinar la rentabilidad del abono orgánico de lombriz roja californiana(humus), teniendo en cuenta variables de mercadeo y los clientes potenciales a los que se le puede ofrecer el producto luego de sus obtención, además de los beneficios económicos que pueden tener los propietarios del lugar con la implementación de estas practica para obtener su abono, sin dejar de lado todo el proceso de crianza de la lombriz y las medidas de crianza que esta requiere para potencializar la obtención del humus (Maldonado, 2010).

## **5.2. Marco Teórico:**

A través, de la lombricultura se pretende rescatar todo el recurso que se pierde. La palabra deshecho o basura se convierte hoy en día en sinónimo de desconocimiento, ya que existen tecnologías para aprovecharlos y la lombricultura es una de ellas. La lombricultura es una técnica simple, amigable con el medio ambiente y económica que permite aprovechar los desechos orgánicos, mediante la crianza intensiva de lombrices, capaces de transformar estos en humus y en una fuente valiosa de nutrientes (Acosta, 1992).

Se utilizan las lombrices para la transformación de desechos orgánicos con la finalidad de generar productos naturales tales como el abono de lombriz (lombricompuesto), material rico en microorganismos (Secretaría de Agricultura, 2006)

El lombricompuesto es el mejor abono orgánico que existe, completo, equilibrado y de fácil manejo. Concentra los nutrientes: más calcio, potasio, magnesio, nitratos y fosfatos y la carga microbiana es un millón de veces superior al del estiércol (Díaz, 2002).

La lombriz representa una especie estabilizadora del medio ambiente, sin contar sus propiedades nutricionales como fuente de alimento y como posibilidad de negocio y como una especie útil y primordial en el tratamiento de basuras orgánicas. (Silva, 2018).

### **5.3. Marco Conceptual**

#### **a) Abono**

El abono material de origen químico se divide en orgánico o mineral y se emplea para el aporte de nutrientes al suelo, para que la vegetación natural pueda crecer, este material tiene un uso importante en el campo de la agricultura, ya que el propósito de todo agricultor es brindar al suelo los suficientes nutrientes, para asegurar que sus cosechas o resultados de producción sean los esperados (Aparicio, 2011).

El uso de este material trasciende a tiempos remotos, donde el ser humano veía y empleaba diversos materiales como las cenizas, excrementos humanos y de origen animal para conseguir fertilizantes naturales para sus plantaciones o tarteras (Aparicio, 2011).

Sin embargo, hoy en día, la producción de abonos representa una actividad comercial rentable, que asegura una composición más completa del material, aportando así en su estructura nutrientes como hierro, cobre, zinc y sodio entre otros (Aparicio, 2011).

#### **b) Aprovechamiento de residuos orgánicos**

En la política para la gestión de residuos: “Se busca constituir una base inicial para avanzar hacia una economía circular, desde la gestión integral de residuos sólidos. Lo que buscamos es lograr que el valor de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, que los residuos y el uso de recursos se reduzcan al mínimo, y que los recursos se conserven dentro de la economía cuando un producto ha llegado al final de su vida útil. Esto, para seguirlos utilizando repetidamente y seguir creando valor”, dijo al respecto el ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Luis Gilberto Murillo: “Se

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

pretende tener un ciclo de tratamiento para el residuo con reutilización, reciclaje, producción de compostaje, biogás, producción de energía, entre otros”.

### **c) Compostaje**

El compostaje es el proceso aeróbico, el cual por medio de microorganismos la materia orgánica se biodegrada, obteniendo así compost, el cual es un abono excelente para la agricultura (Infoagro, S.f.).

Los residuos que se utilizan en el compostaje son residuos orgánicos urbanos como: restos orgánicos procedentes de la cocina como hortalizas, restos de frutas y cascaras, igualmente se considera residuo orgánico la comida preparada, pero esta no es recomendable porque al degradarse se vuelve putrefacta y afecta negativamente el compost con aparición de vectores, malos olores y/o lixiviados de la mala descomposición; residuos orgánicos de restos de cosechas como hojas, frutos, tubérculos, residuos de podas, malas hierbas, ramas, tallos (Infoagro, S.f.).

#### **Propiedades del compost (Infoagro, S.f.):**

- Su abono mejora las propiedades físicas del suelo, ya que tiene la ayuda de microorganismos que ayudan a reestructurar los suelos agrícolas, aumentando su porosidad y permeabilidad y aumenta la capacidad de retención de agua.
- Aporta propiedades químicas al suelo aumentando sus macronutrientes como el N, P, K y micronutrientes que permiten el intercambio catiónico.
- Aporta microorganismos naturales que ayudan a la mineralización del suelo.

**Parámetros de compostaje (Infoagro, S.f.):**

- **Humedad:** controlar la humedad en el compost ya que esta es esencial para el desplazamiento y el trabajo de los microorganismos dentro de los residuos. La humedad ideal esta entre 40% y 60%, una humedad excesiva provoca el desplazamiento del oxígeno en la pila y generaría un proceso anaeróbico, causando putrefacción. Por otro lado, si la cantidad de humedad es bajo, esto hace que el proceso se vuelva lento.

- **Temperatura:** La actividad microbiana que se va a desarrollar en el proceso de compostaje, eleva los niveles de temperatura casi hasta los 80°C, puesto que su mecanismo es Aerobio exotérmico. Estas temperaturas son buenas para destruir Larvas, huevos, maleza, entre otros, pero no es bueno tener varios días a temperaturas elevadas puesto que se empieza a perder Nitrógeno, microorganismos, proteínas solubles en agua y adicionalmente comienza un desprendimiento de Amonio cuando la relación C/N es baja.

Para bajar la temperatura se agrega material rico en Carbono, o se hacen varios volteos de la pila y agregamos agua en forma de roció, para aumentar la temperatura, se agregará material rico en Nitrógeno, por ejemplo, el estiércol. ( Gobernación de Antioquia, 2004)

La temperatura óptima para la descomposición se encuentra entre 50-70°C.

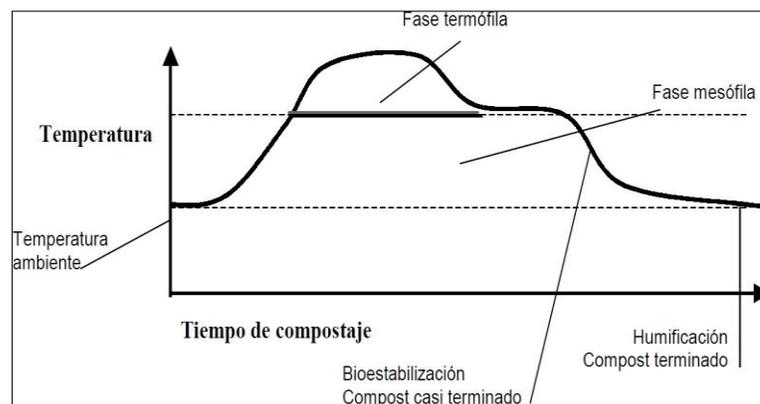
En la temperatura ocurre en tres fases (Roman, 2013):

- **Fase Mesófila.** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días o incluso en horas, la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos son reemplazados por otros que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En esta fase se destruyen bacterias y contaminantes de origen fecal como Escherichia coli y Salmonella, dando lugar a un producto higienizado.
- Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, dependiendo de las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.
- Fase de Enfriamiento o Mesófila. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración

Figura 1: Fases de enfriamiento



Fuente: Manual de compostaje del agricultor, 2013

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- **Aireación:** Este es el factor más importante para la descomposición de la materia orgánica presente. El oxígeno mantiene activa la actividad de descomposición de los microorganismos presentes. Una aireación excesiva secará los restos y una insuficiente producirá putrefacción, lixiviados y malos olores. Normalmente, se hace un volteo para airear la pila semanal durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas, de la humedad y el aspecto del material que se está compostando. Se debe hacer un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo.

### **¿Cómo medir los parámetros de compostaje?**

- **Humedad:** Cuando se observan hongos en su interior parecidos a una telaraña, esto indica que la pila está demasiado seca, entonces se debe hacer riego general. Si está demasiado húmeda se empiezan a desprender malos olores. Para esto basta coger un puñado de compost y apretarlo, no debe ensuciar la mano, tan solo humedecerla, igualmente para medir la humedad en el interior se comprueba introduciendo un palo de madera, el cual debe salir húmedo.

- **Temperatura:** La temperatura siempre se debe medir en el interior de la pila, y basta con introducir un termómetro durante 5 minutos. Se debe cubrir la pila con tierra, paja, sacos, plásticos, entre otros, para facilitar que la subida de temperatura homogénea y rápida

- **Aireación:** Si la pila se encuentra sin alteraciones, se recomienda tan solo hacer agujeros con un palo, y realizar un volteo cada mes. Si se presentan malos olores se recomienda hacer volteo para darle aireación a la pila.

#### **d) Humus**

El humus es una composición de material orgánico que se obtiene tras la descomposición de materia vegetal y biodegradable a causa de factores químicos físicos que le permiten tener características que lo convierten en un material fertilizante eficiente para usos en la agrícolas y otros campos, este está compuesto de oxígeno nitrógeno ácido húmicos , micronutrientes y un sin de microorganismos que mejoran su composición maximizan su uso , actualmente es considerado un ideal de negocio y rentabilidad mediante su venta y producción en países en vía de desarrollo (Díaz, 2002).

El humos se considera un estabilizador de suelos ya que es capaz de mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas proporcionando al suelo permeabilidad, aireación, retención de humedad, reducción de erosión , disminuyendo también el crecimiento de hongos y plantas parasitas que puedan afectar el suelo, he incluso estabilizando su grado de acides(pH) (Díaz, 2002).

#### **e) Lombricultura:**

Es una herramienta biotecnológica para la trata de residuos orgánicos como estiércol, remanente de cosechas, restos de alimentos, entre otros, para así obtener abonos libres de químicos para aumentar la productividad agrícola y mejorar la calidad del suelo (Díaz, 2002).

Algunas de sus grandes ventajas son:

- La lombricultura proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua.
- Aumenta la retención del agua y capacidad de almacenar nutrientes para las plantas.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- Su pH es neutro así que no corren riesgo las plantas de ser quemadas por el fertilizante.
- Presenta una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta hace que las raíces absorban mejor los nutrientes.

En la lombricultura se utiliza comúnmente la *Eisenia Foetida*, conocida como Lombriz roja californiana. Se selecciona esta especie por su corto ciclo reproductivo (4 veces por año), produce un Cocón cada 7-10 días, tiene una vida aproximadamente de 15 a 16 años, es muy dócil para su crianza y reproducción en ambientes reducidos y su velocidad y volumen es mayor en cuanto a la productividad de lombricomposteo (Díaz, 2002)

Los gusanos de tierra se pueden dividir en tres grupos (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2006)

**EPIGEAS:** Viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica y producen humus. Poseen una alta reproducción para compensar pérdidas poblacionales, buen apetito para aprovechar al máximo las ocasionales fuentes de comida (hojas secas, estiércol), y capullos resistentes para preservar los huevos del desecamiento.

**ENDOGEAS:** Viven dentro del suelo, cavan hoyos horizontales, comen y defecan tierra. Se alimentan de productos que eliminan las raíces y materia orgánica arrastrada hacia la profundidad por las lluvias o por otros gusanos e insectos. Al evolucionar en un medio más estable su tasa de reproducción es baja y no desarrollaron pigmentos protectores.

**ANECICAS:** Viven dentro del suelo, cavan hoyos verticales y durante la noche suben a la superficie del suelo alimentándose de materia orgánica. Es sin duda el grupo más conocido y estudiado. Cava galerías en forma de "U" donde pasa la mayor parte del tiempo. Por las noches se

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

asoma a mordisquear restos vegetales arrastrándolos al fondo para devorarlos junto con partículas de tierra.

Las lombrices se pueden dividir en dos categorías (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005):

Lombrices silvestres o comunes: Se encuentra en lugares húmedos, huertas, desechos orgánicos, entre otros. No se logra reproducir en cautiverio. Deposita sus deyecciones sobre la superficie. Tiene una longevidad de 4 años, se acopla cada 45 días y de cada huevo nacen máximo 4 lombrices. Mide de 12 a 20 centímetros. Viven en profundidades de 2,30 metros a 2,50 metros, porque busca siempre una temperatura ideal. Prefiere los terrenos arcillosos y arenosos donde la humedad se encuentre entre los 40 a 50% Y una temperatura de 10°C.

Lombrices domésticas: En esta categoría encontramos la Lombriz Roja Californiana. Se caracterizan por ser una especie Migratoria, que se adaptan fácilmente a los cambios de hábitat; sus hábitos son sedentarios y por esta razón, se pueden mantener en cautiverio sin que se fuguen de los lechos.

### **Taxonomía de la Lombriz Roja Californiana**

La clasificación taxonómica de la lombriz Roja Californiana es la siguiente:

- Reino: Animal
- División: Anelidos
- Clase: Clitelados
- Orden: Oligoquetos

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- Familia: Lombrídeos
- Género: Eisenia
- Especie: Foetida

En los oligoquetos, aproximadamente hay 1800 especies agrupadas en 5 familias distribuidas en todo el mundo. La familia de Lombrídeos tiene unas 220 especies.

Se pueden clasificar las lombrices más comunes en dos grupos:

- Grupo pigmentado de rojo, donde se encuentra la lombriz roja californiana.
- Grupo de lombrices grises, unas de las removedoras de tierra más activas.

### **Reproducción**

Las lombrices son hemafroditas, es decir que tienen ambos sexos, masculino y femenino, pero no se pueden autofecundar, así que hacen fecundación cruzada, donde en el apareamiento se intercambian espermatozoides. Cuando se fecundan, depositan 3 capsulas de paredes resistentes (Cocones), y cada una contiene de 3 a 10 lombrices. Su reproducción es muy delicada, puesto que factores como: falta de comida, presencia de algún tóxico, entre otros, puede causarles la muerte automáticamente. Se puede entonces decir que si se tiene un cultivo de lombrices en buenas condiciones, se podrían llegar a tener 1500 individuos por año. (Sosa & Botero, 2003).

## Compostaje de lombriz roja californiana

En el proceso de la lombricultura intervienen varios procesos para lograr una descomposición de los residuos. Se deben llevar a cabo un control de parámetros físicos y químicos como lo son la humedad, la temperatura y el pH (Sandoval & Sanchez, 2018).

Tabla 1: Parámetros físico químicos

PARAMETRO	RANGO
Temperatura	10°C – 25°C (Temp. Optima 20°C)
Humedad	70% - 80%
pH	5 – 8.4 ( pH ideal 7)

Fuente: Sandoval & Sanchez, 2018

**Humedad:** Cuanto más fina sean las partículas, más retención de agua tendrán. A medida que el material se va degradando, va aumentando la retención de agua. La humedad óptima para el lombricompost es aproximadamente entre 70%. A 80%, pero es válido tener una humedad del 60%. Si un puñado de tierra se aprieta fuertemente y apenas gotea, quiere decir que la humedad es óptima. Ver Ecuación 1, para el cálculo de la humedad. Para realizar los riegos se deben hacer por aspersion para que esta se distribuya uniformemente y no saturar de agua algunas zonas.

**Temperatura:** La temperatura es el parámetro principal para la eficaz producción y reproducción del lombricompost. La temperatura aceptable está entre los 10°C a 25°C, siendo 20°C el rango ideal.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Cuando la temperatura es menos a 10°C, no existe la reproducción de las lombrices en el lecho y es probable que se mueran estas, mientras que si la temperatura es mayor a los 25°C, esta obliga que la lombriz busque lugares más fresco o mueran.

PH: la alcalinidad o la acidez la determinan la humedad y la temperatura en general, además de los alimentos que se ingresen a las camas. Las lombrices sobreviven en ambientes de 5 a 8,4 de pH, siendo 7 el ideal. Cuando el pH se encuentra ácido, este se corrige con Cal, pero si está alcalino, este se podría nivelar con papel periódico mezclado con estiércol de vaca dejándolo reposar 15 días antes de su uso.

Aireación: la aireación en el lombricultivo no requiere de un proceso de volteo, ya que el movimiento constante de las lombrices en los lechos, provocan que exista una aireación constante. Cuando existe falta de aire en los lechos, es notable que el consumo de alimento se reduce a la mitad, entonces debemos hacer un volteo de los lechos para oxigenar.

- Métodos para medición de parámetros:

Para la determinación de indicadores físicos como la Temperatura, humedad, aireación y químicos como el pH, que eviten el daño a los anélidos (Lombrices) en la producción del lombricompost, se pueden poner en práctica alguno de los métodos que se describe a continuación:

- Método artesanal:

En un trabajo de campo, donde no se cuenta con los equipos especiales para la medición de estas condiciones, se adoptan métodos prácticos para la determinación de los factores físicos y químicos de los lechos de la siguiente manera:

Humedad: La humedad es un parámetro vital ya que determina la supervivencia de la lombriz, que en condiciones ideales debería ser de 60%. Es uno de

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

los métodos más antiguos y empleados para estimar el contenido de humedad de un terreno por medio de inspección ocular y su tacto. Un buen método de medición, es apretar un puñado de alimento del lecho, y si caen algunas gotas de agua indica que la humedad es buena, si no se nota algo de humedad, se recomienda hacer un riego suave (Araya, 2006). En la siguiente tabla se indica en qué medida la humedad ha sido extraída del terreno. Este método es rápido y simple, además es bastante correcto cuando es usado por personal experimentado, permitiendo que un gran número de muestras sean analizadas rápidamente en el campo.

PH: El Ph Debe estar idealmente en 7 pero sobreviven entre 5 y 8,4. Para su medición sin instrumento, se pueden colocar algunas lombrices en la compostera, si se sumergen y dentro de una hora no salen a la superficie, significa que hay un buen pH. (Gobernación de Antioquia, 2004)

➤ Aireación: Si no se tiene buena ventilación, se producirán olores desagradables.

Para esto se debe realizar un volteo del material compostado cada 8 días para facilitar la descomposición (Corporación Autónoma Regional de Rionegro-Nare. , 2006)

- Método Ingenieril:

Humedad – Método Gravimétrico: Con los métodos gravimétricos, el contenido de humedad es determinado por la diferencia en peso de la muestra humedad con la seca. Típicamente, con el método gravimétrico la muestra de suelo es recogida y pesada. Luego se seca la muestra en un horno durante 24 horas a 105°C y después se pesa la muestra secada. La ecuación básica para expresar el contenido de humedad en base de la masa seca es:

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Ecuación 1: Determinación de la humedad.

$$\%H = \frac{(M_w - M_s)}{M_w} \times 100$$

Donde:

H: Contenido de humedad en el Suelo

M<sub>w</sub>: Masa de agua en la muestra de suelo (gm)

M<sub>s</sub>: Masa de la muestra de suelo secado al horno (gm)

Las muestras no deben perder agua entre el tiempo de tomarlas y el pesaje para así obtener datos de campo correctos. Los recipientes que se utilizaran en la toma de muestras no deben permitir la entrada de aire y deben ser pesados tan pronto como sea posible. Algunas veces es necesario ponerles una cinta adhesiva a los recipientes para impedir la entrada de aire. Después que la muestra es secada al horno, regularmente se deja enfriar con la tapa del envase puesta antes de pesar. Sin embargo, si se pesa la muestra seca aún caliente no se afectaría significativamente la utilidad de los resultados.

➤ Temperatura: De acuerdo a las medidas de las camas, las cuales son 1 mt ( Ancho ) X 2 mt (Largo) X 40 cm (Profundidad), se ubicarán tres puntos para la toma de datos, para luego promediar la temperatura.

Se requerirán Tres termómetros, los cuales, se ubicarán a dos distancias de profundidad, en los tres puntos, para identificar si la temperatura varía significativamente a diferente nivel de profundidad.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

➤ pH: Se requiere la toma de muestra de cada lecho. De estos se pesan 20 gr de sustrato y se mezcla con 100mL de agua destilada. En seguida se toma el pH con la ayuda de un pH-metro.

#### **f) Lixiviados**

Tras la degradación y descomposición de la materia orgánica por medio de factores químicos y físicos se obtiene un fertilizante o un fluido al que se conoce como lixiviado, este se presenta por el grado de humedad que puede llegar a presentar la materia orgánica y que con el tiempo de descomposición se desprende del material y termina formando este material único (Compostadores, s.f.).

El uso eficiente de los lixiviados se ve reflejado en las prácticas de semi compostadoras donde por medio de riegos se busca humedecer la materia orgánica y precipitarla aun mismo punto para la recolección de estos , la calidad estos lixiviado dependerá del origen y del material con el que se cuente ya que no todos los lixiviados que pueden llegar a presentarse en procesos naturales tienen la misma composición , la obtención de lixiviados también se puede originar a través del control o limpieza de materiales ya que con el uso de agua se pretende eliminar materiales perjudiciales que puedan terminar siendo desechados en estos fluidos (Compostadores, s.f.).

#### **g) Medición poblacional**

Método de áreas:

Cuando hay que medir áreas directamente en el campo, se realiza una medición del terreno o del área que se desea evaluar la cual se divide la parcela de la zona en figuras geométricas regulares, como triángulos, rectángulos y trapecios. Se Realizan todas las

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

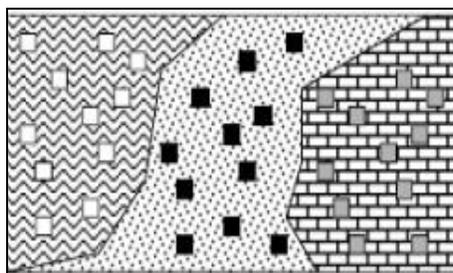
mediciones necesarias y luego se procede a calcular las áreas mediante las fórmulas matemáticas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), s.f.).

Posteriormente se calcula, cuenta o se analiza en una de las áreas dependiendo el objeto del estudio o del proyecto, para finalmente multiplicarlo por la cantidad total de las figuras anteriormente divididas y así conocer el total aproximada de lo que se busca determinar (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), s.f.).

Muestreo al azar estratificado:

Es preferible al muestreo al azar simple cuando el ambiente a muestrear es heterogéneo y la probabilidad de encontrar individuos es diferente en las distintas partes del hábitat. Para aumentar la eficiencia del muestreo se suele subdividir el hábitat en estratos para que la muestra esté constituida por elementos de cada uno de ellos. Un estrato es una porción del terreno de características homogéneas. La ubicación de las unidades muestrales en cada estrato se elige al azar (Martella, 2012).

Figura 2: Muestrea al azar estratificado



Fuente: Martella, 2012

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Ajustados a este método de selección estratificada se toman los puntos de muestreo en cada punto de los lechos, ya que al comparar un punto con los otros comparten las mismas características y unas con otras conservarán las mismas medidas (Martella, 2012).

#### **h) Residuos:**

Se considera todo material que presente y haya finalizado su vida útil y tenga que ser eliminado para evitar problemas sanitarios o ambientales siendo clasificados (Emgrisa, 2014) según su determinación final como:

- **Residuo biodegradable:**

Son desechos que se descomponen por medio de microorganismos (gusanos, hongos, bacterias) naturalmente, que pueden volver presentar utilidad en la naturaleza.

- **Residuos inorgánicos:**

Son aquellos residuos que no son orgánicos. Se componen de materiales como latas, botellas, plásticos, y otros productos de origen industrial, los cuales tiene un tiempo prolongado para su descomposición. Estos residuos pueden ser útiles en procesos de reciclaje.

- **Residuos orgánicos:**

Son los que provienen de restos de productos de origen orgánico, por ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, y su descomposición es natural, es decir, biodegradables.

Los residuos orgánicos se clasifican de la siguiente manera:

- **Restos de alimentos:** provienen de restaurantes, comedores, hogares, almacenes de comida, entre otros donde se manejen productos alimenticios.
- **Estiércol:** residuos fecales de animales (Ganado).

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- Restos vegetales: se generan en las podas, jardines, bosques, cultivos, y también en las cocinas como legumbres, frutas, u otros alimentos que no hayan sido procesados.

- Papel, cartón y plástico: Son residuos muy aprovechables para el reciclaje, pero aunque se consideren de origen orgánico (ya que se fabrican de compuestos orgánicos como el etanol o el petróleo), no se utilizan en Compostajes porque su estructura molecular es difícil de descomponer.

A nivel nacional la generación de residuos orgánicos según el ministerio del medio ambiente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005) son:

Cuatro grandes ciudades (Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla):

Un total de 11.275 Ton/día, lo que equivale al (41%) de residuos generados, solo Bogotá genera 6500 ton/día.

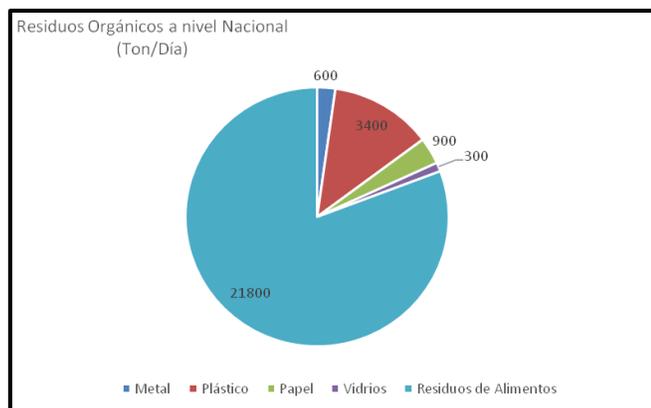
En las 28 ciudades capitales se generan 5.142 Ton/día (18.7%).

En los 1054 municipios se generan 11.083 ton/ día (40.3%).

Esto quiere decir que en Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos) y de acuerdo a la composición de los mismos, el 65% son residuos sólidos orgánicos.



**Figura 3: Residuos orgánicos a nivel nacional**

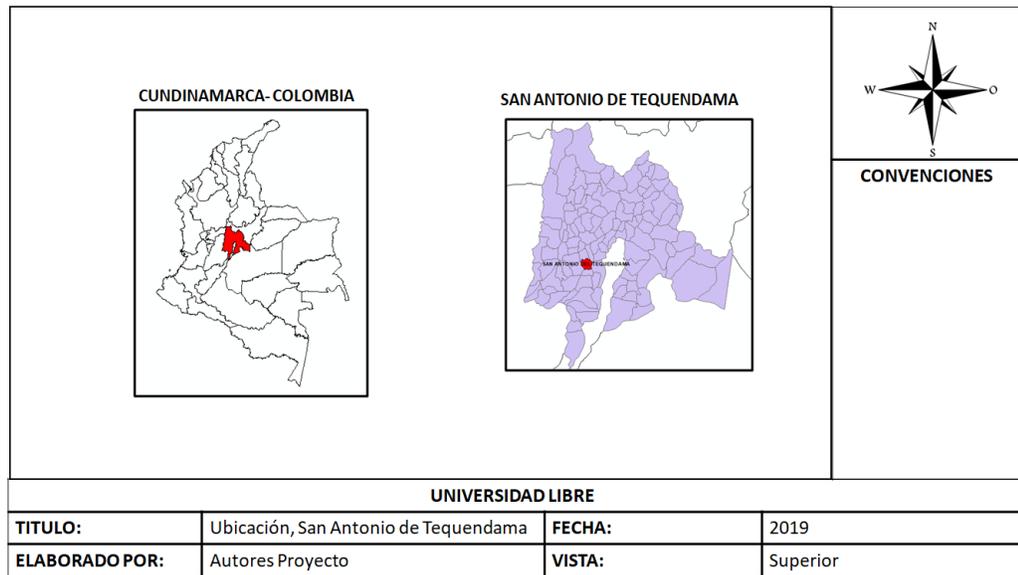


**FUENTE:** Autores, adaptado de: MARMOLEJO, R. En: Presentación Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos.

#### 5.4. Marco Geográfico

En la región de San Antonio del Tequendama, se pueden encontrar las veredas Caicedo, Chicaque, Quintas Colombia, Cubsio, El Cajón, La María, La Rambla, La Rápida, Laguna Grande, Las Angustias, Nápoles, Patio de Bolas, Ponchos, Quebrada Grande, San Isidro, San José, Santafé, Santivar, Vancouver, Zaragoza y *Arrachal*, vereda de la parte alta del municipio, donde se encuentra el Ecoparque Los Trapiches, lugar donde se planteará y diseñará el proyecto de grado.

Figura 4: Ubicación de San Antonio del Tequendama



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

- **Descripción fisicográfica:** La cabecera municipal se encuentra a 1540 metros sobre el nivel del mar, la parte más alta corresponde a los límites con el municipio de Soacha con una altitud de 2400 msnm aproximadamente, y la cota mínima se encuentra en los límites con los Municipios de Tena y el Colegio con una altitud de 1100 msnm aproximadamente. El municipio de San Antonio del Tequendama hace parte de la Región del Tequendama, Departamento de Cundinamarca. (Alcaldía de San Antonio del Tequendama, 2018).

- **Relieve y Topografía:** San Antonio del Tequendama, pertenece a la cordillera oriental, por lo que la mayor parte de su territorio es quebrado, con una topografía plana del 10%, ondulada 25% y quebrada el 65%. Las principales formas fisiográficas observadas, son las cimas, lomas y valles. (Alcaldía de San Antonio del Tequendama, 2018)

- **Características del ecosistema**

- **Pisos ecológicos:** San Antonio del Tequendama cuenta con los tres pisos térmicos clima frío (2405 Has), clima medio (3788 Has) y clima cálido (2007 Has). Su temperatura media es de 20°C. Presenta una precipitación que varía entre 900 y 1.700 mm anuales, siendo

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

su precipitación media anual 1500 mm. Los bosques nublados aumentan la precipitación neta, muestran bajas tasas de evapotranspiración y regulan el régimen hídrico.

➤ Hidrología: El Municipio de San Antonio el Tequendama pertenece a la cuenca baja del río Bogotá, recibiendo sus aguas en un alto grado de contaminación. Se cuenta además con las Micro Cuencas de la Quebradagrande, Virilice, Los Cristales, La Zunia, Juan Largo, La Playa y un sinnúmero de pequeños afluentes cuyo cauce se reduce en época de verano. Se presenta contaminación de las fuentes hídricas que surten al Municipio por la disposición final de las basuras, vertimientos de aguas negras provenientes de las viviendas (caso particular Quebrada La Cuy), vertimientos resultado de la producción pecuaria, Quebrada Varilice, Cuy, Quebradagrande, La Zunia principalmente ganadera y avícola, ya que se vierten sus residuos líquidos y algunos sólidos a fuentes de agua directa y al suelo provocando contaminación de aguas subterráneas; contaminación físico química y microbiológica por vertimientos de agentes patógenos, también se presenta inadecuada utilización técnica de estiércoles animales que se produce. (Alcaldía de San Antonio del Tequendama, 2018).

### 5.5. Marco legal:

Dentro del proyecto es de vital importancia conocer los parámetros legales aplicables, los cuales están descritos a continuación.

Tabla 2: Marco legal

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN	¿COMÓ APLICA?
<b>Decreto 2811 de 1974</b>	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente. Por el cual regula el manejo de los recursos naturales y los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él. Reglamenta el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente.	Por medio de este programa de lombricultura se da un manejo adecuado con el fin de cuidar los residuos biodegradables y a si de esta manera dar prioridad al cuidado de los recursos naturales, aire, agua y suelo.
<b>Ley 9 de 1979</b>	Establece las normas sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.	El enfoque ideal del propósitos es mitigar un impacto ambiental de debido a su agudeza a influido en deteriorar la calidad de vida de los habitantes de la zona por aparición vectores y deterioro de paisaje.
<b>Constitución política</b>	Art. 79: Todas las personas tienen	Garantizar un ambiente sano

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<p><b>Colombiana (1991)</b></p>	<p>derecho a gozar de un ambiente sano</p>	<p>para los clientes del restaurante</p>
	<p>Art 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.</p>	<p>Darle un buen manejo a los recursos naturales que se encuentran en el entorno del restaurante</p>
<p><b>Resolución 233 de 2002 y Resolución 247 de 2003</b></p>	<p>Expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, establece una opción tarifaria para multiusuarios del servicio de aseo.</p>	<p>La idea del proyecto es trabajar de manera conjunta con los beneficiarios del servicio de aseo ya que un trabajo estructurado permite contribuir y facilitar el trabajo que presta el ente de recolección sanitaria.</p>
<p><b>Resolución 1045 2003</b></p>	<p>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.</p>	<p>La puesta en marcha del programa de aprovechamiento de residuos sólidos por parte de los municipios permite la adaptación de iniciativa de programas para el aprovechamiento de desechos biodegradables, ya que se convierten en las alternativas más aplicables y recomendadas en estos proyectos.</p>
<p><b>Resolución 150 de 2003</b></p>	<p>Instituto Colombiano Agropecuario, por la cual se adopta el Reglamento técnico de</p>	<p>El uso de fertilizantes de manera legal requiere unos parámetros básicos para su comercialización</p>

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia.	y venta, el uso de la norma permite obtener los estándares que se requieren si se busca alcanzar esos parámetros en el abono tratado.
<b>Decreto 838 de 2005</b>	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Se busca minimizar la cantidad de residuos que se disponen para el manejo por parte del aso publico pero si ofrecer un plan completo donde se dé un tratamiento a los residuos aprovechables y una adecuada disposición a aquellos que no y requieran un manejo diferente
<b>Decreto 4741 de 2005.</b>	Por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Controlar los abonos que se generan y que se encuentren dentro de los parámetros para que estos no sea residuos peligrosos y si se generan estos residuos por parte de los restaurantes tener un conocimiento de cómo manejarlos
<b>Decreto 2436 de 2008.</b>	Por medio del cual se reglamenta el acceso a rellenos sanitarios e incentivo Municipal por disposición final de residuos.	Incentivar a los restaurantes a darle una adecuada disposición final de los residuos que se están generando.
<b>Decreto 1140 del 2013</b>	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Garantizando la participación de la	Involucrar a la comunidad en la toma de conciencia ambiental, ya que con esto se podrá despertar el

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.	interés y la necesidad por proteger y salvaguardar los recursos naturales con los que cuenta la zona y así de manera indirecta promover e impulsar el uso de prácticas amigables con el medio ambiente.
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	Descripción y valoración de los proyectos, obras y actividades para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el cuerpo de agua y sus usos del suelo	Aplica ya que con la adecuada recolección de los residuos se evita la contaminación y la degradación de los recursos hídricos degradación de los residuos
<b>Resolución 1407 de 2018</b>	La gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones	Se da cumplimiento a artículo mediante el uso de materiales reciclables como fuente de alimento ya que se ve en este un beneficio considerable para la dieta de los mismos y a si su valor energético o reutilizable se pone en practica

Elaborado por: Autores del proyecto, 2019

## 6. DISEÑO METODOLOGICO

El proyecto adopta el uso de estos anélidos buscando sacar provecho de estos materiales por medio de parámetros físicos y químicos establecidos. Llevando a cabo una serie de etapas que garantizan el óptimo funcionamiento del lombricultivo, representadas en un cuadro donde se puede evidenciar de manera específica las actividades y resultados.

Tabla 3: Metodología del proyecto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<p>Caracterizar los establecimientos involucrados en el proyecto y los tipos de residuos generados por los mismos</p>	<p>1. Realizar visitas para la identificación de los establecimientos, sus actividades, antigüedad y propietario</p>	<p>Base de datos de los establecimientos</p>
	<p>2. Caracterizar físicamente los residuos generados por los establecimientos</p>	<p>Tabla de caracterización de los residuos generados en cada establecimientos</p>
	<p>3. Georreferenciar en ArcGis los establecimientos participantes en el proyecto.</p>	<p>Mapa Georreferenciado con la ubicación de los establecimientos</p>
<p>Implementar un prototipo a escala piloto que permita analizar el comportamiento de las pilas y las lombrices</p>	<p>1. Definir el tamaño de la muestra piloto y el establecimiento seleccionado para la prueba.</p>	<p>Diseño de Planos de muestra piloto</p>
	<p>2. Definir los materiales y presupuesto para la construcción de los lechos de lombricultura y compostaje.</p>	<p>Tabla de presupuesto.</p>
	<p>3. Construcción y puesta en marcha del prototipo en el establecimiento seleccionado.</p>	<p>Construcción de camas.</p>
	<p>4. Definir los parámetros físicos y químicos que se van a medir.</p>	<p>Tabla de parámetros.</p>

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Diseñar un sistema de compostaje y lombricultura que permita tratar los residuos orgánicos generados por los establecimientos participantes	1. Diseñar las estructuras del sistema de compostaje y lombricultura a escala real.	Planos de las camas de compostaje y lombricultura.
	2. Diseñar ruta de recolección de los residuos orgánicos.	Ruta de recolección y ruta crítica.
	3. Definir los parámetros físicos y químicos que se van a medir.	Tabla de parámetros.
	4. Establecer tabla de presupuesto del proyecto.	Tabla de presupuesto
Formulación de protocolos de Lombricultura y Compostaje a diferentes escalas	1. Analizar la información obtenida en la prueba piloto.	Análisis de la información.
	2. Planteamiento de contenidos para la cartilla.	Tabla de contenido
	3. Creación de la cartilla	Cartilla en físico.

FUENTE: Autores proyecto, 2018

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

#### a. Identificación inicial

##### a) Reconocimiento de los establecimientos:

Mediante la visita a cada uno de los establecimientos de la zona del salto de Tequendama del departamento de Cundinamarca que harán parte del proyecto, se identificó la ubicación de cada uno de estos, su actividad principal, antigüedad y propietario. Con estos datos obtenidos se realizó una Base de Datos de cada establecimiento.

Tabla 4: Base de datos

<b>BASE DE DATOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS</b>		
<b>PIQUETEADERO EL PIN</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Restaurante
	<b>Antigüedad</b>	75 años
	<b>Propietario</b>	Luis Vanegas
<b>LA LIBERTAD</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Restaurante
	<b>Antigüedad</b>	52 años
	<b>Propietario</b>	Irma Segura
<b>MI GRANJA ECOAVENTURA</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	<b>Actividad</b>	Ecoparque- restaurante
	<b>Antigüedad</b>	23 Años
	<b>Propietario</b>	Gerardo Segura
<b>LOS ANTOJOS DE MARIA E.</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Venta de Postres
	<b>Antigüedad</b>	19 Años
	<b>Propietario</b>	
<b>PARQUE NATURAL LOS TUNOS</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Parque Natural- Restaurante
	<b>Antigüedad</b>	15 Años
	<b>Propietario</b>	Clemente Fajardo
<b>POSTRES TEQUENDAMA</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

		Tequendama
	<b>Actividad</b>	Venta de Postres
	<b>Antigüedad</b>	15 Años
	<b>Propietario</b>	
<b>ECOPARQUE LOS TRAPICHES</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Ecoparque- Restaurante
	<b>Antigüedad</b>	15 Años
	<b>Propietario</b>	Henry Barreto
<b>PESCADERIA RIO MAR</b>		
	<b>Ubicación</b>	San Antonio del Tequendama
	<b>Actividad</b>	Restaurante
	<b>Antigüedad</b>	1 año
	<b>Propietario</b>	Carlos Molina

ELABORADO: Autores proyecto, 2018

En un rango de 3,42 km aproximadamente de la vía La Mesa-Bogotá, se encuentran

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Distribuidos restaurantes, venta de postres y demás negocios relacionados las cuales por su servicios generan una gran cantidad de residuos orgánicos-biodegradables, por esta razón se tuvieron en cuenta para la recolección, manejo y adecuada disposición final de estos residuos, por medio de la implementación de un sistema de lombricultura y compostaje.

b) Caracterización física de los residuos

- c) Para obtener un desarrollo eficaz del proyecto es primordial saber si los residuos que se generan en cada uno de los establecimientos aplican y pueden contribuir al crecimiento y nutrición de los anélidos.
- d) Para esto se hacen necesarias visitas previas a cada establecimiento con el fin de realizar una clasificación física de los residuos que cada uno genera, y por medio del peso determinar la cantidad en masa a recolectar. En las siguientes tablas se muestran la clasificación y los residuos útiles para el proyecto que generan cada uno de los establecimientos y a si mismo las cantidades en peso que generan.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tabla 5: Características físicas de los residuos, Los Trapiches.

<b>ECO PARQUE Y RESTAURANTE LOS TRAPICHES</b>		
<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>RESIDUOS</b>	<b>TIPO</b>
<p><b>Eco parque y restaurante Los Trapiches</b></p> 	<b>Vegetales</b>	Cascara de Papa
		Cascara de Yuca
		Cascara de Rábano
		Cascara de Tomate
		Cascara de Frutas Cítricas
		Cascara de Frutas Dulces
		Cascaras de Plátano
		Cascara de Zanahoria
		Cascara de Frijoles
		Cascara de Alverja
		Cascara de Pepino
		Cascara de Frijol

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

		Cascara de Repollo
		Cascara de Lechuga
		Cascara de Arracacha
		Cascaras de Cebolla
		Desechos pulpas de fruta
	<b>Otros</b>	Servilletas
		Cartones de empaques
		Papel periódico
		Desechos de comida ya preparada
		Desechos de podas
		Hojas secas

FUENTE: Autores proyecto, 2019

Tabla 6: Características físicas de los residuos, Los Tunos

LOS TUNOS		
ESTABLECIMIENTO	RESIDUO	TIPO
<p><b>Los Tunos</b></p> 	<p><b>Vegetal</b></p>	Cascara de Papa
		Cascara de Yuca
		Cascara de Cebolla
		Cascara de Tomate
		Cascara de Frutas Cítricas
		Cascara de Frutas Dulces
		Cascaras de Plátano
		Cascara de Zanahoria
		Cascara de Frijoles
		Cascara de Alverja
		Cascara de Pepino
		Cascara de Rábano
		Cascara de Repollo
Cascara de Lechuga		

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	<b>Otros</b>	Escamas de Pescados
		Viseras de Pescado
		Servilletas
		Empaques de cartón

FUENTE: Autores proyecto, 2019

Tabla 7: Características físicas de los residuos, La Granja ecoaventura

<b>MI GRANJA ECOAVENTURA – RESTAURANTE</b>		
<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>TIPO</b>
<p><b>Restaurante mi granja</b></p> 	<b>vegetales</b>	Cascara de Papa
		Cascara de Yuca
		Cascara de Cebolla
		Cascara de Tomate
		Cascara de Frutas Cítricas
		Cascara de Frutas Dulces
		Cascaras de Plátano
		Cascara de Zanahoria
		Cascara de Frijoles
		Cascara de Alverja
		Cascara de Pepino
		Cascara de Apio
Cascara de Repollo		

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

		Cascara de Lechuga
	<b>Otros</b>	Servilletas
		Cartones de Empaques
		Desecho de comida preparada

FUENTE: Autores proyecto, 2019

Tabla 8: Características físicas de los residuos, Piqueteadero el PIN

<b>PIQUETEADERO EL PIN</b>		
<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>TIPO</b>
<p><b>Piqueteadero El Pin</b></p> 	<b>Vegetal</b>	Cascara de Papa
		Cascara de Yuca
		Cascara de Cebolla
		Cascara de Tomate
		Cascara de Frutas Cítricas
		Cascara de Frutas Dulces
		Cascaras de Plátano
		Cascara de Zanahoria
		Cascara de Frijoles

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

		Cascara de Alverja
		Cascara de pepino
		Cascara de Rábano
		Cascara de Repollo
		Cascara de Lechuga
	<b>Otros</b>	Servilletas
		Empaques de Cartón
		Comida ya preparada
		Plástico

FUENTE: Autores proyecto, 2019

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tabla 9: Características físicas de los residuos, Las Delicias De Maria E.

<b>LAS DELICIAS DE MARIA E.</b>		
<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>TIPO</b>
<p><b>Las Delicias de María E</b></p> 	<b>vegetal</b>	Cascaras de Frutas acidas
		Cascaras de Frutas dulces
		Pulpas de Frutas
		Cascaras de Plátano
	<b>otros</b>	Plásticos
		Suero
		Sobras de Postres
		Servilletas
		Empaques de Cartón
		Cascaras de Huevos

FUENTE: Autores proyecto, 2019

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tabla 10 Características físicas de los residuos, Pescadería Río Mar.

<b>PESCADERÍA RÍO MAR</b>		
<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>TIPO</b>
<p><b>Pescadería Río M</b></p> 	<b>Vegetal</b>	Cascara de Papa
		Cascara de Yuca
		Cascara de Cebolla
		Cascara de Tomate
		Cascara de Frutas Cítricas
		Cascara de Frutas Dulces
		Cascaras de Plátano
		Cascara de Zanahoria
		Cascara de Frijoles
		Cascara de Alverja
		Cascara de Pepino
		Cascara de Apio
		Cascara de Repollo

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

		Cascara de Lechuga
	<b>Otros</b>	Servilletas
		Cartones de Empaques
		Desechos de comida preparada

FUENTE: Autores proyecto, 2019

e) Ubicación georreferenciada

Los ocho restaurantes que se van a tener en cuenta para la realización del proyecto, se encuentran ubicados cerca al municipio de San Antonio Del Tequendama, Cundinamarca, en la carretera del El Colegio a El Charquito con una separación de alrededor de 3,42 km entre los restaurantes más lejanos. A continuación, se encuentran las coordenadas geográficas de cada uno de los establecimientos con sus latitudes y longitudes.

Tabla 11: Coordenadas geográficas de los restaurantes

RESTAURANTE	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
<b>PIQUETEADERO EL PIN</b>	4°34'50.82"N	74°19'51.08"O
<b>LA LIBERTAD</b>	4°34'17.96"N	74°19'5.88"O
<b>PARQUE NATURAL LOS TUNOS</b>	4°34'1.34"N	74°19'5.16"O

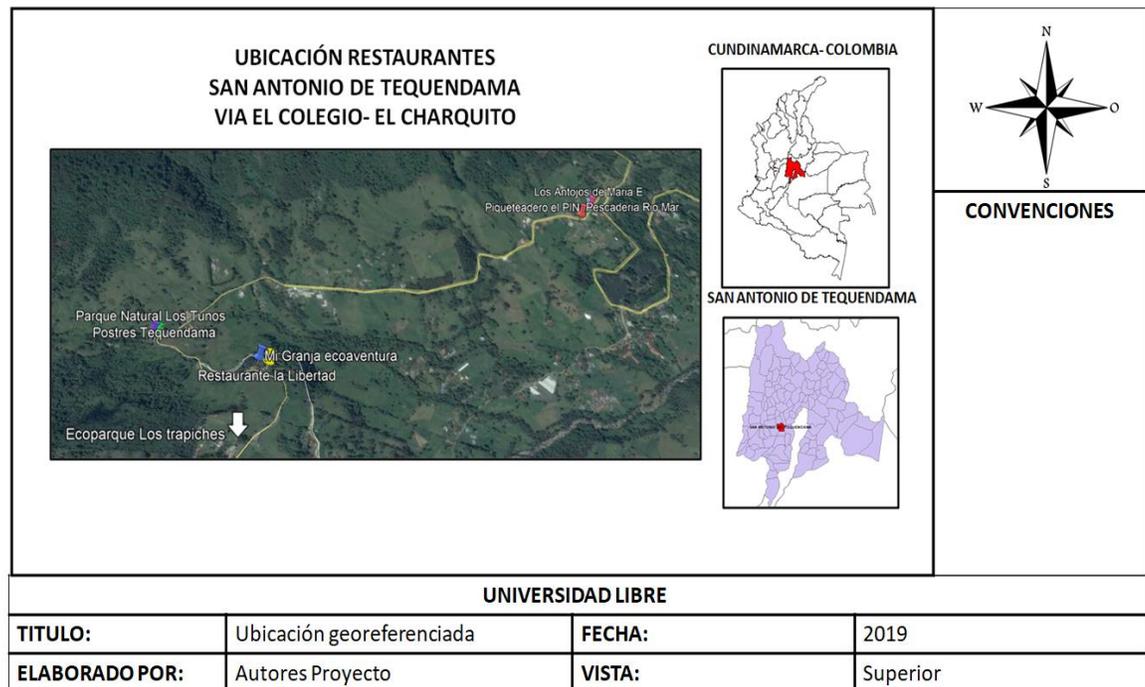
Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>POSTRES TEQUENDAMA</b>	4°34'1.85"N	74°19'5.20"O
<b>LOS ANTOJOS DE MARIA E.</b>	4°34'49.26"N	74°19'52.42"O
<b>PESCADERIA RIO MAR</b>	4°34'49.78"N	74°19'49.45"O
<b>ECOPARQUE LOS TRAPICHES</b>	4°34'18.05"N	74°18'56.08"O
<b>MI GRANJA ECOAVENTURA</b>	4°34'15.31"N	74°19'6.61"O

ELABORADO POR: Autores del proyecto, 2019

En la siguiente figura se encuentra la ubicación georreferenciada de cada uno de los restaurantes que se tendrán en cuenta para el desarrollo final del proyecto.

Figura 5: Ubicación georreferenciada de los restaurantes



ELABORADO POR: Autores proyecto, 2019

## **b. Muestra Piloto**

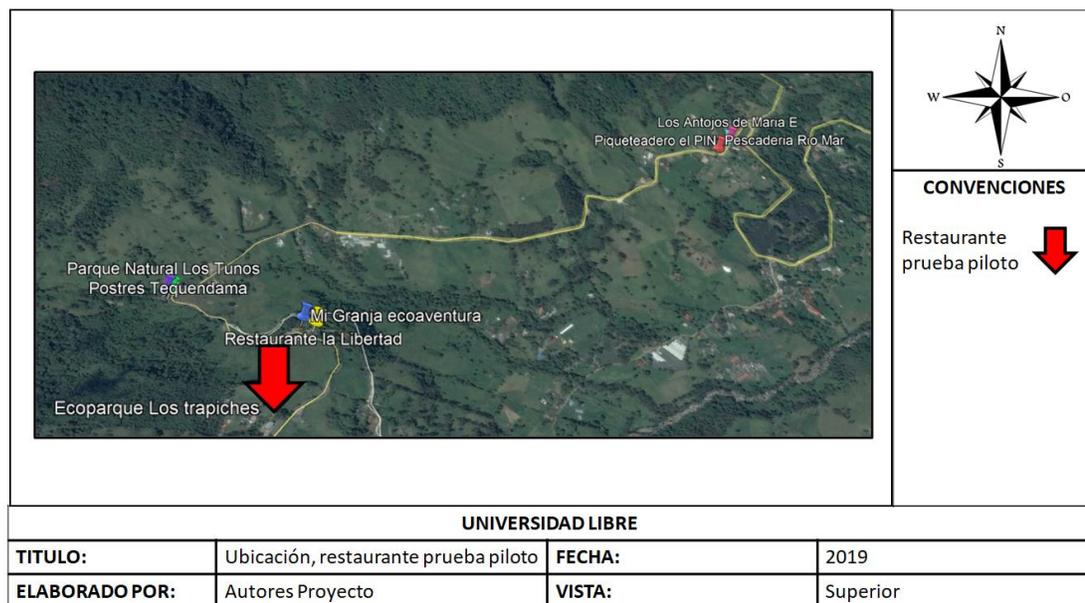
En primera instancia, en uno de los restaurantes se realizó una prueba piloto que incluye la instalación de las camas de compostaje y de lombricultivos, para realizar la medición de parámetros físicos y químicos y el tratamiento de los residuos orgánicos generados por la organización y así lograr una adquisición del abono. Con esto se logra conocer la forma más efectiva para una futura implementación a escala mayor incluyendo el total de los establecimientos.

### **a) Establecimiento para la implementación de la prueba piloto**

Para tener un conocimiento de las dimensiones de las camas, los parámetros de monitoreo, tiempo y cantidad de residuos para un proyecto a mayor escala es necesario la implementación de una prueba piloto en uno de los establecimientos, por ello a petición del restaurante Ecoparque los Trapiches se realizó esta muestra piloto en sus instalaciones debido a que esta organización busca la fomentación y adquisición de una conciencia ambiental en sus empleados y en sus clientes. Al igual por la ubicación y el tamaño que esta cuenta, se observó la viabilidad para el desarrollo de la prueba.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

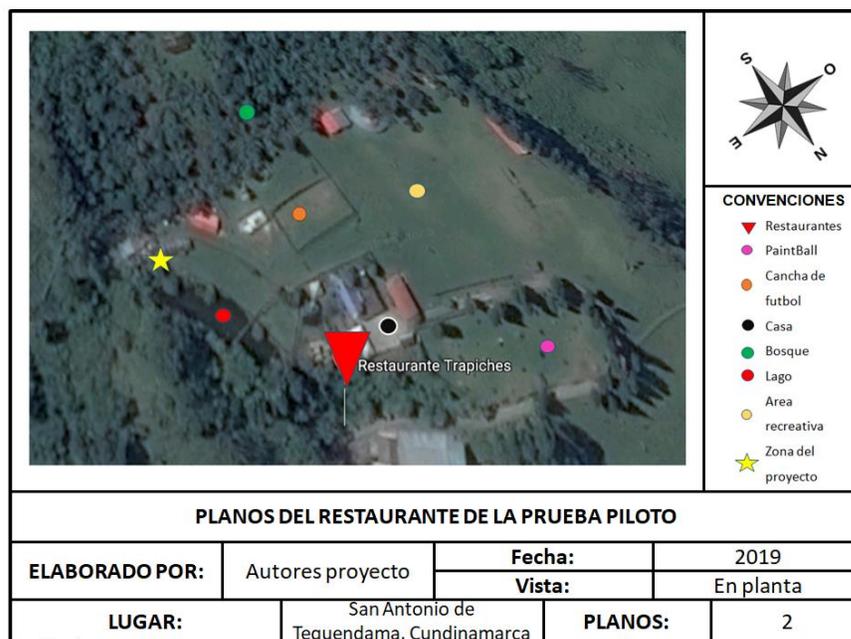
Figura 6: Ubicación, restaurante prueba piloto



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

A continuación, se encuentra los planos de la organización con la ubicación donde fueron instaladas las camas de compostaje y lombricultivos.

Figura 7: Planos del restaurante de la prueba piloto



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

#### **b) Planos de la prueba piloto:**

Dentro del establecimiento Ecoparque los Trapiches en la zona antiguamente utilizada para los cerdos, se instalaron las camas del lombricultivo y de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos que allí se producen.

Para poder determinar las medidas de los lechos de la muestra pilotos, así realizar las mediciones y control de parámetros fisicoquímicos, lo cual se tuvo en cuenta los siguientes aspectos fundamentalmente:

- El área libre que el Ecoparque Los Trapiches brindó para la construcción de las camas, debido que el proyecto se tuvo que ajustar a estas dimensiones y lograr una distribución adecuada de los lechos.
- La cantidad de residuos que genera el establecimiento seleccionado para la prueba piloto, en este caso el restaurante del Ecoparque Los Trapiches.
- Parámetros básicos de la literatura anteriormente consultados acerca de la cría de los anélidos.

#### **LOMBRICULTIVOS:**

La cantidad de la comida de ingreso a los lechos es muy importante, ya que a mayor tamaño ocupa grandes volúmenes, causa desbordamiento en los lechos, los anélidos no tienen la capacidad de ingerir grandes tamaños de comida, además de aparición de vectores, generación de olores ofensivos por falta de aireación y un desaprovechamiento del área del lecho; por este motivo, con ayuda de una máquina trituradora eléctrica se disminuye el tamaño de los residuos, facilitando la ingesta del alimento por parte de los anélidos y mantiene un nivel óptimo de las camas.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- **DIMENSIONES:** Según referencias bibliográficas no existe un modelo de construcción estándar, pero si se recomienda que la cama tenga como mínimo 1mt de ancha, de alto de 40 cm a 1mt y de larga hasta 20mt. Por esto, se decidió bajo criterio las medidas de cada lecho, con un aprovechamiento máximo del área de trabajo y sin dejar de lado factores generales básicos para la cría de los anélidos como la pendiente y la altura de las camas, la cual es independiente del área con la que se cuente y de la cantidad de residuos que se genera en el restaurante seleccionado.

Dado el espacio disponible en el eco parque se distribuyeron las tres camas de tal manera que las tres contaran con 1,22mt de ancho, 2,10mt de largo y 1mt de altas, con una leve pendiente para la evacuación de los lixiviados.

Además, al construir los lechos en áreas pequeñas se facilita la medición de algunos parámetros como pH, humedad, temperatura y aireación, ya que las tomas de muestras se pueden realizar en puntos más cercanos y no tan separados como sucede en un lecho de gran tamaño y así tener resultados veraces que puedan indicar el comportamiento del lecho.

- **LUZ:** Cuando los anélidos cuando se encuentran bajo exposición de la luz, se ven afectados, alterando así su proceso de degradación de los residuos y reproducción eficazmente. Para esto se instaló una poli sombra negra que atrapa la luz y actúa como un segundo filtro de seguridad ante depredadores.

- **HUMEDAD:** Para la humedad se instaló un sistema de riego controlado manualmente. Además, al final de las camas se ubicó una canaleta que recogiera los líquidos que generaba el lombricultivo, el cual es humus líquido.

- **INGRESO DE COMIDA:** El restaurante los Trapiches al igual que los demás, prestan sus servicios los días viernes, sábado y domingo, razón por la cual, se construyeron

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

tres camas, cada una destinada a un respectivo día y de esta manera evitar la acumulación de comida y los malos olores.

Para hacer el ingreso de nuevo alimento se debe verificar que los anélidos ya hayan consumido el 95% de alimento, esto evitara que cuando se ingrese alimento fresco, estos olviden el viejo y se genere una acumulación de alimentos lo cual comienza a generar hongos, vectores y olores.

Igualmente, los residuos de torturaban antes de ingresar a los lechos, para un aprovechamiento más eficaz y veloz.

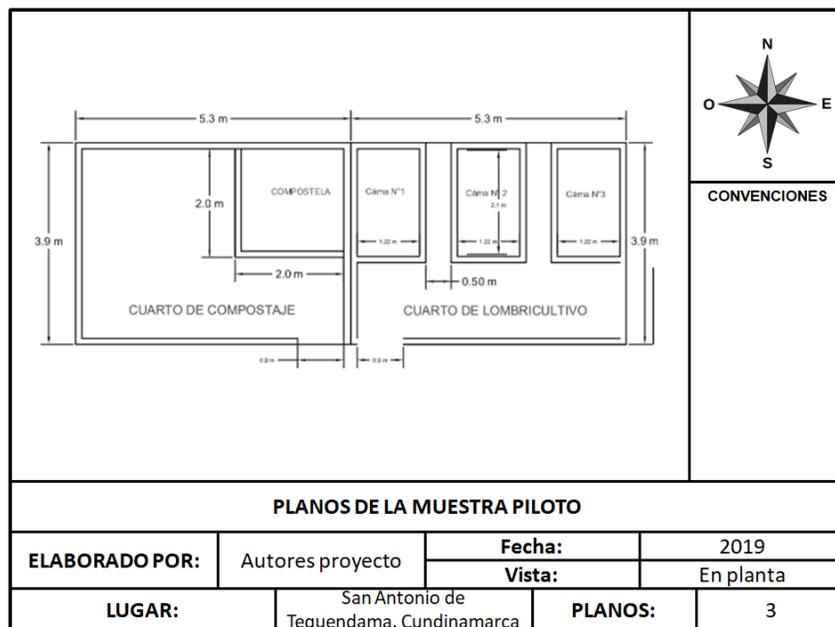
- **POBLACIÓN DE LOMBRICES:** En la literatura se recomienda sembrar 1kg de lombriz por cada m<sup>2</sup>. En este caso se sembró 1 kg y medio de lombriz por cada m<sup>2</sup>, ya que se demanda un ingreso de alimento fresco cada 8 días, y este debía ser procesado en tu totalidad en un periodo de 8 días.

- **RECOLECCIÓN DE HUMUS:** Se plantea recoger el abono en periodo de cuatro meses de la siguiente manera: los anélidos se alimentan tres meses seguidos y el cuarto mes se dejan sin alimento para que estos terminen de consumir el que aun quede sin procesar. Luego faltando una semana para terminar el cuarto se hace el proceso de recolección de humus.

A continuación, se encuentran los planos de los cuartos donde se lleva a cabo la muestra piloto y las medidas de los lechos de lombricultivo.

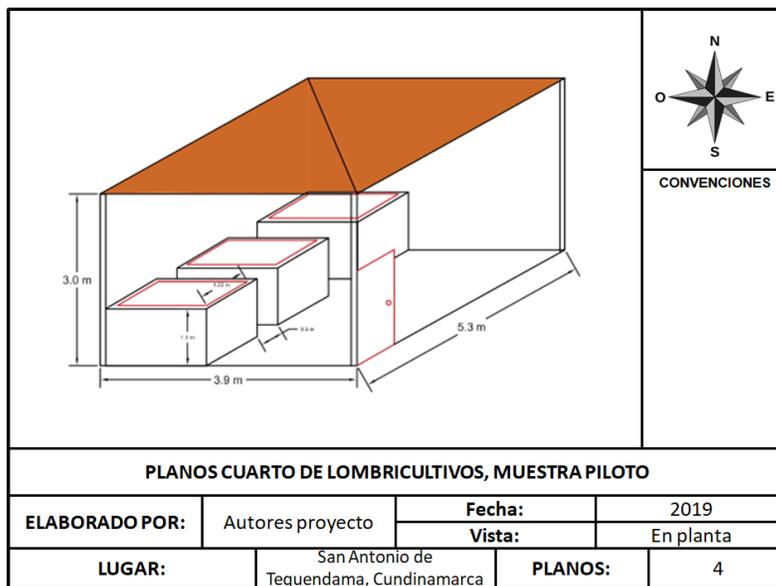
Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Figura 8: Planos muestra piloto



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Figura 9: Planos cuarto de lombricultivos, muestra piloto



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Al restaurante los trapiches se le tomaron durante tres fines de semana los pesos de los residuos orgánicos que se generaron, con el propósito de establecer si era viable el tamaño de los lechos y su efectividad generándose la siguiente tabla:

Tabla 12: Peso de residuos restaurante Los Trapiches

<b>RESTAURANTE LOS TRAPICHES</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	30,5	18,8
13-ene-18	Sábado	46,7	22,8
14-ene-18	Domingo	57,6	21,2
<b>TOTAL</b>		<b>134,8</b>	<b>62,8</b>
19-ene-18	Viernes	27,3	10,1
20-ene-18	Sábado	39,6	13,4
21-ene-18	Domingo	30,3	7,9
<b>TOTAL</b>		<b>97,2</b>	<b>31,4</b>
26-ene-18	Viernes	24,6	13,9
27-ene-18	Sábado	30,5	19,3
28-ene-18	Domingo	43,8	24,2
<b>TOTAL</b>		<b>98,9</b>	<b>57,4</b>

Elaborado por: Autores proyecto, 2018

Con estos pesos, se determinó que las camas diseñadas previamente, tendrían un espacio suficiente para cada día y que, en el transcurso de la semana, las lombrices lograran

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

transformar eficazmente los residuos, ya que no se iban acumular a lo largo de la cama, y se efectuaría una buena distribución del alimento para su rápido consumo.

**b) Tabla de monitoreo de parámetros físico-químicos de las camas**

Según con estudios anteriores y lecturas semejantes a la instalación de camas de lombricultura y compostaje es de vital importancia tener en cuenta la medida de parámetros principales físicos y químicos para conocer la calidad y efectividad del abono que se está generando, para ello se debe realizar mediciones de los siguientes parámetros:

- pH
- Temperatura
- Humedad

Para llevar un análisis correcto de los parámetros anteriormente mencionados, se debe realizar una toma de datos de forma periódica para conocer si estos se encuentran dentro de los rangos óptimos. En la siguiente tabla se encuentran la metodología para la medición de los parámetros.

Tabla 13: Parámetros de los lechos

FECHA	DIA	PARAMETRO	MEDICIÓN Cama 1	MEDICIÓN Cama 2	MEDICIÓN Cama 3	CUMPLIMIENTO	
						SI	NO
		pH					
		Temp. ( °C )					
		pH					
		Temp. ( °C )					
		pH					
		Temp. ( °C )					
		pH					
		Temp. ( °C )					
		pH					
		Temp. ( °C )					
<b>OBSERVACIONES</b>					<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGO IDEAL</b>	<b>RANGO ACEPTABLE</b>
					pH	5 - 8,0	5 - 8,4
					Temperatura	5°C -70°C	0°C - 30°C

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

En el transcurso del mes de julio del año 2019 se tomó mediciones de los parámetros cada fin de semana, para llevar un registro constante de las variables y si se encuentran dentro de los rangos, a continuación, se encuentra los resultados obtenidos.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tabla 14: Datos de parámetros

FECHA	DIA	PARAMETRO	MEDICIÓN Cama 1	MEDICIÓN Cama 2	MEDICIÓN Cama 3	CUMPLIMIENTO	
						SI	NO
5 de julio 2019	Viernes	pH	7,8				
		Temp. ( °C )	20,1°C	-	-		
6 de julio 2019	Sábado	pH		8,0			
		Temp. ( °C )	-	16,5°C	-		
7 de julio 2019	Domingo	pH			7,4		
		Temp. ( °C )	-	-	17,9°C		
12 de julio 2019	Viernes	pH	7,6				
		Temp. ( °C )	18,6°C	-	-		
13 de julio de 2019	Sábado	pH		7,9			
		Temp. ( °C )	-	21,3°C	-		
14 de julio de 2019	Domingo	pH			8,2		
		Temp. ( °C )	-	-	20,5°C		
19 de julio de 2019	Viernes	pH	7,3				
		Temp. ( °C )	22,6°C	-	-		
20 de julio de 2019	Sábado	pH		7,5			
		Temp. ( °C )	-	20,4°C	-		
21 de julio de 2019	Domingo	pH			7,9		
		Temp. ( °C )	-	-	18,9°C		
26 de julio de 2019	Viernes	pH	7,8				
		Temp. ( °C )	19,5°C	-	-		
27 de julio	Sábado	pH		8,2			

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

de 2019		Temp. ( °C )	-	1	-		
				7,6°C			
28 de julio	Domingo	pH			7,		
de 2019					9		
		Temp. ( °C )	-		19		
					,2°C		
<b>OBSERVACIONES</b>					<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGO IDEAL</b>	<b>RANGO ACCEPTABLE</b>
					Ph		5 - 8,4
					Temp. (°C)	0°C	10°C - 25°C

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

La toma de humedad en campo se hizo manualmente, pero al final se hizo una prueba de laboratorio de humedad y pH.

- pH: puede variar dependiendo de ciertos parámetros que lo pueden alterar como el tiempo de ingreso del alimento, el tiempo de riego y en algunas ocasiones la incorrecta selección manual del alimento útil para los anélidos, en la cual se terminan colando residuos cítricos o comida preparada.

Para determinar el pH en campo se utilizó un pH-metro e igualmente se observó que las lombrices todo el tiempo estuvieron bajo la superficie, lo cual indica que el pH era óptimo. Igualmente, se hizo una prueba de laboratorio para verificar que el pH si se encontraba dentro de los rangos aceptables (5 - 8,4). Resultados a continuación de la prueba de laboratorio:

Tabla 15: pH de los lechos

pH	LECHO 1	LECHO 2	LECHO 3
		7.98	7.69

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

**pH del lecho 1**



**pH del lecho 2**



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

- **TEMPERATURA:** Las mediciones de temperatura se tomaron 2 días después del ingreso del alimento a los lechos para que la temperatura se estabilizara. Al momento de medir la temperatura se tomaron tres puntos de referencia en cada cama, estas daban temperaturas iguales en los puntos, y de esta manera se observó que la temperatura no variaba en lo largo de la cama, porque su área es pequeña y no tiene una pendiente pronunciada para eliminar líquidos provenientes de los lechos rápidamente, es por esto que se tomó una temperatura en el centro de cada lecho.
- **HUMEDAD:** Para determinar el nivel de humedad en cada lecho, se procedió a tomar 1 kg de sustrato compuesto de material ya tratado por los anélidos en cada lecho.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Con ayuda de una balanza digital se procedo a tomar 70gr de muestra de cada kilo de la muestra inicial, luego se ingresó la muestra del lecho 1, 2 y 3 a un horno con una temperatura de 120°C durante 24 horas.

Finalmente se volvió a pesar la muestra de cada lecho, y se aplicó la fórmula de cálculo de humedad, ver ecuación 1. Arrojando como resultado:

Tabla 16: Resultado de Humedad

<b>LECHO</b>	<b>Peso (Mw)</b>	<b>Peso (Ms)</b>	<b>%H</b>
<b>1</b>	70,006	14,464	79%
<b>2</b>	70,031	11,426	84%
<b>3</b>	70,076	12,326	82%

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Este resultado de humedad nos indica que se encuentra dentro del 70%-80%.

La toma de muestra del sustrato se hizo inmediatamente luego del realizar el riego a las camas y evitando de esta manera perder % de agua en las muestras al momento de transportarlas, es por este motivo que se puede observar que sobrepasa el 80% en dos tomas.

Estas mediciones nos indican condiciones adecuadas para el desarrollo de las lombrices.

c) **Recolección de humus:**

Desde enero de 2018 se empezó a alimentar a las lombrices con residuos orgánicos, para luego proceder a la recolección del humus, los periodos de alimento y recolección fueron así, Ver la tabla 17:

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- De enero a abril de 2018 se alimentaron y en mayo de 2018 se hizo la recolección del humus.
- De mayo 8 a agosto de 2018 se alimentaron y en septiembre de 2018 se hizo la recolección del humus.
- De septiembre a diciembre de 2018 se alimentaron y en enero de 2019 se hizo la recolección de humus.
- De enero a abril de 2019 se alimentaron y en mayo de 2019 se hizo la recolección de humus
- De mayo a agosto de 2019 se alimentaron y en se septiembre de 2019 se recolecto el humus.

Esto nos arrojó los siguientes resultados al momento de recolectar el humus:

Tabla 17: Recolección del humus

<b>PERIODO DE RECOLECCIÓN DEL HUMUS</b>		<b>HUMUS (Kg)</b>
<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	
Enero 2018	Mayo 2018	117
Mayo 2018	Septiembre 2018	101,3
Septiembre 2018	Enero 2019	107,9
Enero	Mayo	120,4

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

2019	2019	
Mayo 2019	Septiembre 2019	122,1
<b>PROMEDIO HUMUS 2018</b>		<b>108,7</b>
<b>PROMEDIO HUMUS 2019</b>		<b>121,3</b>

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Para el análisis de la recolección del humus, se debe tener en cuenta los residuos que son adicionado a los lechos, lo cual se tomaron los datos de los pesos del alimento en el año del 2018 los cuales se iban a ingresando al lombricultivo cada fin de semana de los meses de enero, febrero y marzo, los cuales se sumaron y se calculó su promedio, con esto se conocer cuántos residuos aproximadamente son ingresados a las tres camas mensualmente, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 18: Cantidad de alimentos en los lechos

<b>MES</b>	<b>TOTAL (kg)</b>
Enero	330,9
Febrero	262,6
Marzo	267,1
<b>PROMEDI O MENSUAL</b>	<b>286,9</b>

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Se concluye que la relación de residuos promedio mensual que ingresan a las camas son 286,9kg dividido esto en las tres camas, dando un valor promedio de 95,63 kilos mensuales a cada cama.

Los residuos se ingresan a los lechos durante tres meses y el cuarto mes se deja sin alimento para que las lombrices hagan el consumo total de que falte procesar.

De acuerdo a la información anterior se hace la siguiente relación:

- Mensualmente se ingresan aproximadamente 286,9 kg a las camas, en tres meses ingresamos 860,7 kilos de alimento, dándonos esto un rendimiento promedio de 108,7 a 121,3 kg de humus cada cuatro meses.

#### **c) Medición poblacional:**

Para la determinación de la población de las lombrices se usó el método de subdividir el área en figuras geométricas regulares, donde se midió el área de los lechos, fraccionándolos de maneras iguales en figuras geométricas y así poder tomar una muestra promedio.

La medición de aumento poblacional de anélidos desde el inicio del proyecto al día final de medición permite determinar si el desarrollo del proyecto se ha efectuado de manera controlada y a cabalidad con los parámetros establecidos en la literatura consultada. A su vez se toma el muestreo requiere que la distribución del anélido sea uniforme en toda el área del lecho para asegurar que las aproximaciones que se realicen sean coherentes y arrojen un resultado creíble.

#### **Reducción de alimento y volteo**

Este proceso requiere suprimir el ingreso de alimento a los lechos por 3 días y así evitar la acumulación del anélido en un mismo punto, logrando que estas recorran el área total

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

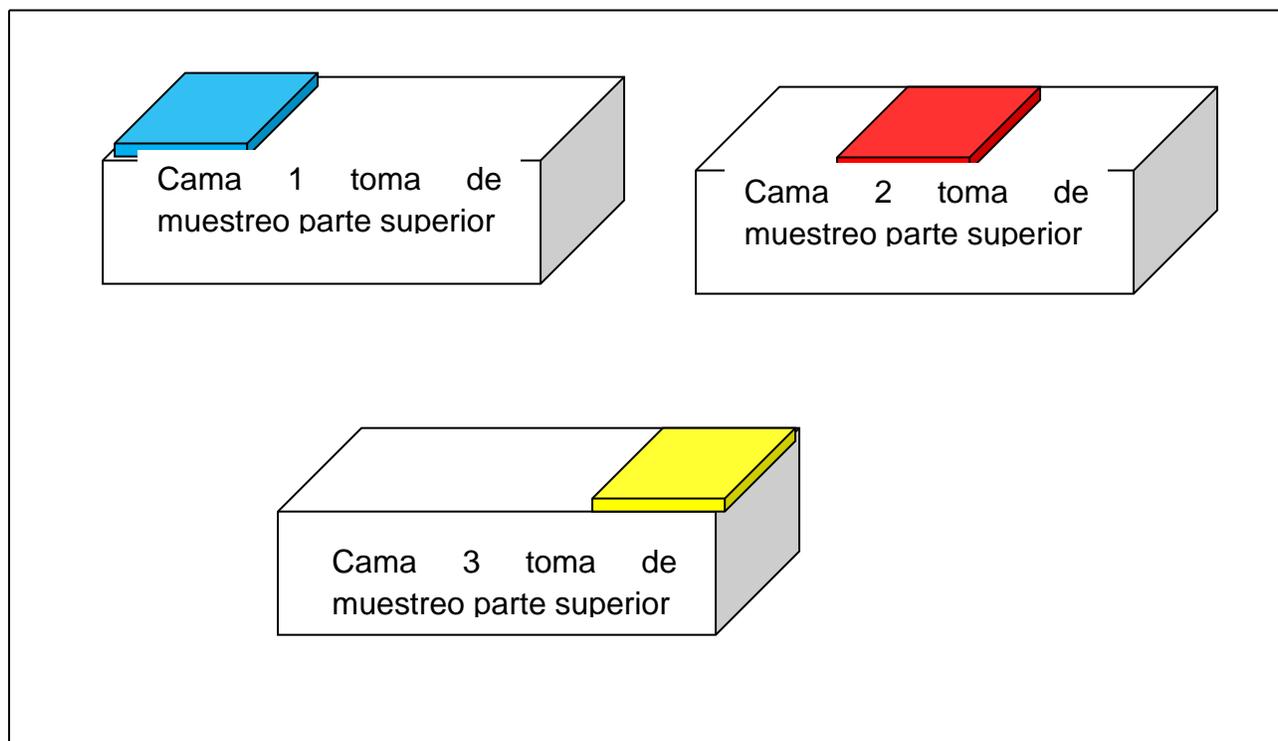
en busca de alimento, asegurando así una distribución total útil para el proceso de conteo.

Posterior a esto se realiza un volteo cuidadoso del sustrato para mejorar la distribución inicial.

Para poder efectuar los procesos de medición se hizo un análisis estadístico de 3 muestreos aleatorios en cada uno de los lechos, para ello se dividió cada lecho en fracciones de tamaño iguales de menor área para realizar un conteo manual de las especies encontradas en el sustrato.

La toma de la muestra se realizó en diferentes puntos del lecho para tener mayor probabilidad, color azul lecho 1 parte alta, lecho dos colores rojo parte media, lecho 3 color amarillo parte baja del lecho

Figura 10: Puntos de muestreo en los lechos



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

A continuación, se encuentran la cantidad de lombrices en las áreas del muestreo de cada lecho:

**Tabla 19: Conteo de especies por lecho**

LECHO DE MUESTREO POBLACIONAL	ESPECIES EN CANTIDAD APROXIMADA
Lecho 1	578
Lecho 2	720
Lecho 3	486

Promedio especies por área seleccionada	594.6 lombrices
---	-----------------

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

- Cantidad total de anélidos inicio proyecto 6675
- Anélidos por cama 2225 lombrices

Fórmula rectángulo muestreo

$$A = b \times a$$

A rectángulo muestra = 1m x 0.2m = 0.2 m<sup>2</sup> área seleccionada en cada lecho como muestra.

- Total, anélidos encontrados rectángulo Muestra = 594.6 aproximadamente

Se dividió la cama en 10 rectángulos de igual tamaño, entonces:

- 594.6 x 10 total rectángulos (fracciones de muestra) = 5946 lombrices por lecho

Se tienen tres camas:

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

- 5946 x 3 lechos = 17.838 lombrices hasta la fecha de toma de muestra.

FECHA DE SIEMBRA DE LOMBRIZ: 12 de enero de 2018

FEHCA DE TOMA DE MUESTRA POBLACIONAL: 2 de agosto de 2019

#### **d) Compostera**

Durante el proceso de recolección y selección de materiales de alimentación de los anélidos se contó con residuos orgánicos que no son aptos para la dieta de los anélidos como:

- Residuos crudos: Alimentos cítricos ni picantes como naranjas, piña, mandarina, tamarindo, tomate de árbol, lima, mora, uva o limones, cebolla, cascaras de huevo, cuchos de café, ajo o ají.
- Residuos preparados: Alimentos que han pasado por algún proceso de cocción, entre estos están: restos de comida y carnes.
- Productos lácteos: Queso y yogurt.

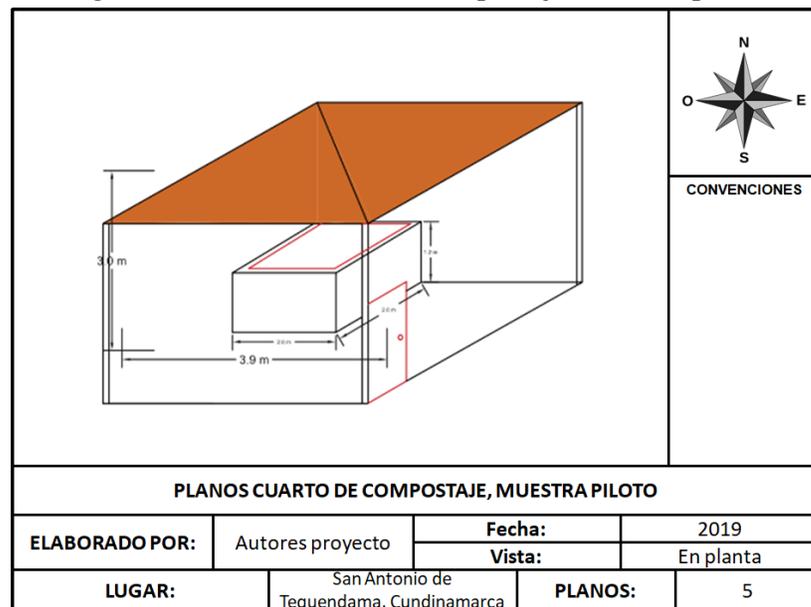
Por ello se requirió un proceso de transformación diferente, por lo tanto, se realiza la construcción de una compostera donde se establecieron las medidas según el espacio destinado para su ubicación y se tuvo en cuenta que la cantidad de residuos los cuales no superaba un promedio de 70 kg los fines de semana. Y así lograr generar transformación de estos residuos tanto a nivel físico como de origen microbiano.

La mayoría de composteras, se manejan al aire libre en surcos de larga extensión y de poca área donde se controla el ingreso de agua y de aireación con aislantes plásticos y volteos

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

manuales realizados por operarios, este prototipo se hizo en un cajón cubierto en madera a sugerencia del propietario del Ecoparque, que requiere una presentación agradable e higiénica para los visitantes del lugar y que a la vez permite un manejo más preciso del ingreso de los residuos y la medición de los parámetros físicos y químicos. En el siguiente plano se encuentra las medidas del cuarto de compostaje realizado en el Ecoparque los Trapiches como muestra piloto.

Figura 11: Planos cuarto de compostaje, muestra piloto



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

e) **Materiales y presupuesto de la construcción de la prueba piloto**

Para el desarrollo del proyecto, es necesario conocer los materiales y el costo de estos, para tenerlos en cuenta al momento de la implementación.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tabla 20: Materiales y presupuesto, Prueba piloto

<b>MATERIALES PARA LA OBRA "Prueba Piloto"</b>				
<b>OBJETO</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Teja de Zinc	2,44 m X 88 cm	18	\$ 36.790	\$ 662.220
Bloque N°5	20 cm X 30 cm	148	\$ 790	\$ 116.920
Amarre teja	Estandar	100	\$ 300	\$ 30.000
Arena	m3	2	\$ 16.000	\$ 32.000
Cemento	50kg	3	\$ 22.300	\$ 66.900
Polisombra Negra	1m (Ancho) x 3m	28	\$ 5.900	\$ 41.300
Angeo Plastico	1 m (Ancho)	6	\$ 4.500	\$ 27.000
Parales de madera	3,50 m X 11cm X 8cm	7	\$ 35.900	\$ 251.300
Durmientes (Vigas)	5 m X 10 cm X 5cm	6	\$ 6.900	\$ 41.400
Tablas (Formaleta)	2m X 10cm	48	\$ 10.500	\$ 504.000
Pintura para exteriores	1 gl	1	\$ 90.000	\$ 90.000
plastido negro agrolinea	4m x 1m	20	\$ 9.900	\$ 49.500
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.912.540</b>

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>HERRAMIENTAS PARA LA OBRA</b>				
Martillo	18oz	2	\$ 25.900	\$ 51.800
SERRUCHO	18"	2	\$ 28.900	\$ 57.800
Cajas Puntillones		4	\$ 6.500	\$ 26.000
Caja puntilla pequeña		3	\$ 4.500	\$ 13.500
Pala		2	\$ 34.500	\$ 69.000
Maguera 1"	100m	1	\$ 73.900	\$ 73.900
Palustre	8"	1	\$ 18.900	\$ 18.900
Balde construcción		2	\$ 5.100	\$ 10.200
Caneca Azul 55 gl	55gl	1	\$ 65.000	\$ 65.000
Alicates 5"		2	\$ 18.900	\$ 37.800
Corta Frio 6"		2	\$ 20.900	\$ 41.800
Rodillo 9"		2	\$ 11.600	\$ 23.200
Brocha 3"		2	\$ 10.900	\$ 21.800
Registro Plastico	1"	1	\$ 2.500	\$ 2.500
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 513.200</b>
<b>EQUIPOS PARA LA OBRA</b>				
Termometro Digital		1	\$ 72.900	\$ 72.900
Báscula 150kg		1	\$ 261.900	\$ 261.900

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

pHmetro suelos		1	\$ 99.000	\$ 99.000
Gramera Digital		1	\$ 44.900	\$ 44.900
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 478.700</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Lombriz Roja Californiana	Kg	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Sustrato uuniveral	25 kg	6	\$ 60.000	\$ 360.000
Cascarilla de arroz	10 kg	3	\$ 8.500	\$ 25.500
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 435.500</b>
<b>COSTO</b>	<b>\$</b>	<b>3.339.940</b>		
<b>TOTAL</b>				

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

**f) Construcción y puesta en marcha de la prueba piloto**

En el mes de marzo del año 2018 se puso en marcha la construcción de la muestra piloto en el Ecoparque Los Trapiches con las medidas y ubicación anteriormente dichas. A continuación, se encuentran las fotografías del proceso de construcción de la muestra piloto.

Tabla 21: Construcción de la muestra piloto

FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>Espacio asignado antes de la construcción de la muestra piloto.</p>
	<p>Limpieza general del lugar asignado para la realización de los lechos de lombricultivo y compostaje</p>
	<p>Construcción en tejas de Zinc del techo protector de las camas de lombricultivos y compostaje</p>
	<p>Finalización de la construcción del techo protector de la muestra piloto.</p>
	<p>Elaboración de los lechos con las medidas y especificaciones anteriormente establecidas.</p>

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	<p>Finalización de la construcción de las camas.</p>
	<p>Puesta en marcha los lechos de compostaje y lombricultivos.</p>

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

**c. Diseño a escala real**

**a) Diseño de las estructuras a escala real**

Para el diseño de la estructura de las camas que tendrá a escala real con la inclusión de los restaurantes participantes en el proyecto, se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

- La cantidad de residuos que se generan en total los establecimientos participantes, tomando su peso total de los días viernes, sábado y domingo. Ver la tabla 18 donde se encuentra el promedio de los residuos generados por cada restaurante.
- Estos diseños se plantearon de acuerdo al espacio disponible en el eco parque los Trapiches.
- Para el diseño de estos se tuvo en cuenta al igual que en los lechos de la prueba piloto, las medidas indicadas en la literatura. De esta manera se recomienda que cada cama

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

tenga 1,22m de ancho y de largo de 2,10 mt y 1mt de alto. Se agregaron 3 camas más de las mismas dimensiones, teniendo en cuenta que respecto al manejo que se les dio con la prueba piloto, estos lechos tienen la capacidad de recibir alimento y ser procesado por las lombrices.

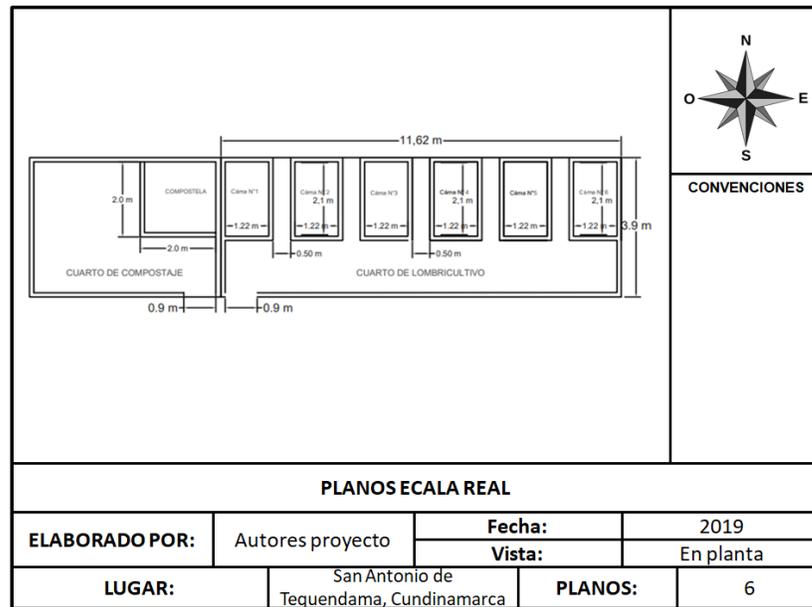
En cuanto al material de construcción, se utilizan los mismos materiales de la prueba piloto.

Este diseño también se puede ajustar a cambios como la inclusión de nuevos establecimientos que a futuro puedan llegar a participar, igualmente permiten aplicar variedad de alternativas de crianza o mantenimiento de los lechos, por ejemplo, un tipo de dieta diferente para cada lecho, fácil traslado de los anélidos de un lecho a otro para obtener el lombricompost, mejor control de los parámetros, prevenir la saturación de alimento en los lechos permitiendo un mejor aprovechamiento de los residuos por parte de los anélidos, evitar posible aparición de vectores o malos olores.

A continuación, se encuentran los planos finales de los cuartos y de los lechos de lombricultivos y compostaje para el proyecto en escala real.

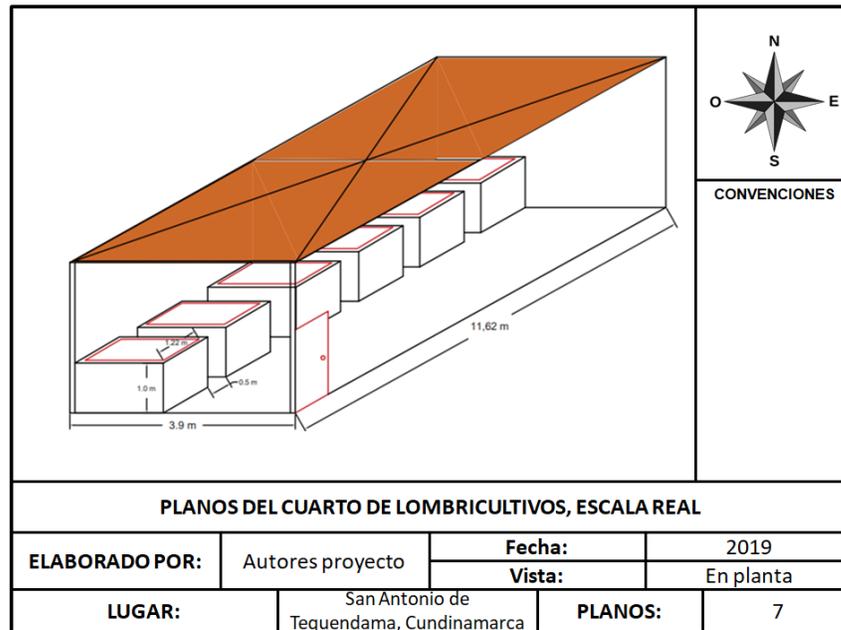
Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Figura 12: Planos generales, escala real



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

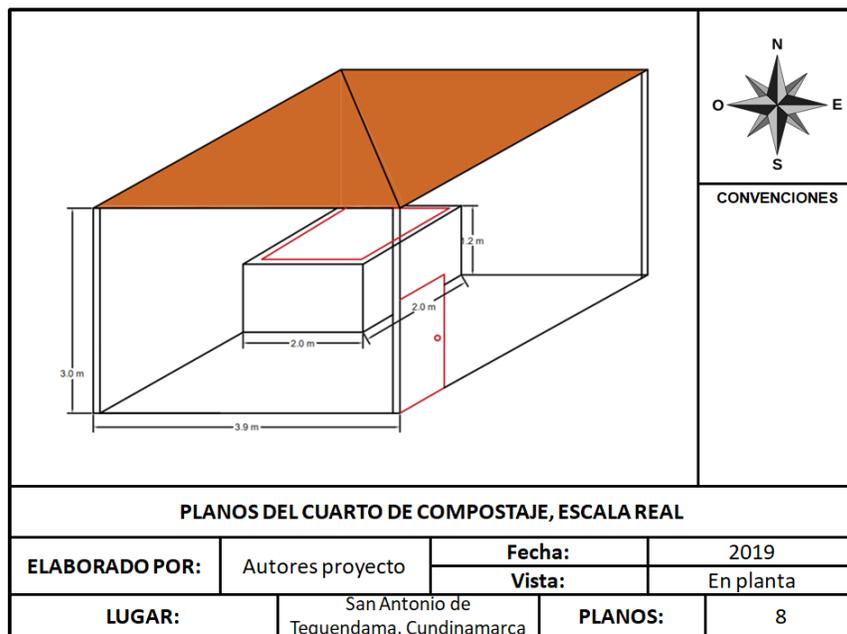
Figura 13: Planos del cuarto de lombricultivos, escala real



Elaborado por: Autores proyecto, 2019.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Figura 14: Planos del cuarto de compostaje, escala real



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

En la siguiente tabla se encuentra los datos de la cantidad promedio de residuos generados en un mes en cada uno de los restaurantes involucrados en el proyecto, para ver los datos completos Ver anexo A:

Tabla 22: Promedio de cantidad de residuos de los restaurantes

<b>RESTAURANTE</b>	<b>PROMEDIO (kg)</b>
Los Trapiches	80,4
La Libertad	27,9
Mi granja ecoaventura	46,6
Los Tunos	41,6

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Postres Tequendama	26,6
Piqueteadero el PIN	60,8
Las delicias de Maria E.	30,2
Pescaderia Rio Mar	49,9

Elaborado por: Autores proyecto, 2018

#### d) Ruta crítica

Para conocer el tiempo en el que dura el recorrido de la recolección de los residuos en cada restaurante, se realizó una ruta crítica teniendo en cuenta la distancia entre restaurantes, las actividades a desarrollar, el tiempo que dura cada actividad y su precedencia. A continuación, se encuentra la tabla de las actividades, comenzando el recorrido desde las 9 am el primer día no festivo de la semana, seguido de la ruta crítica para la determinación del tiempo en el que dura el recorrido:

Tabla 23: Actividades del recorrido

<b>RUTA CRITICA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LOS RESTAURANTES</b>			
Salida del vehículo: 9,00 Primer día no festivo de la semana			
<b>Cod</b>	<b>Actividad</b>	<b>Vehículo (hr)</b>	<b>Precedencias</b>
	Inicio del recorrido	0	21
	Recorrido al primer	0,05	1

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

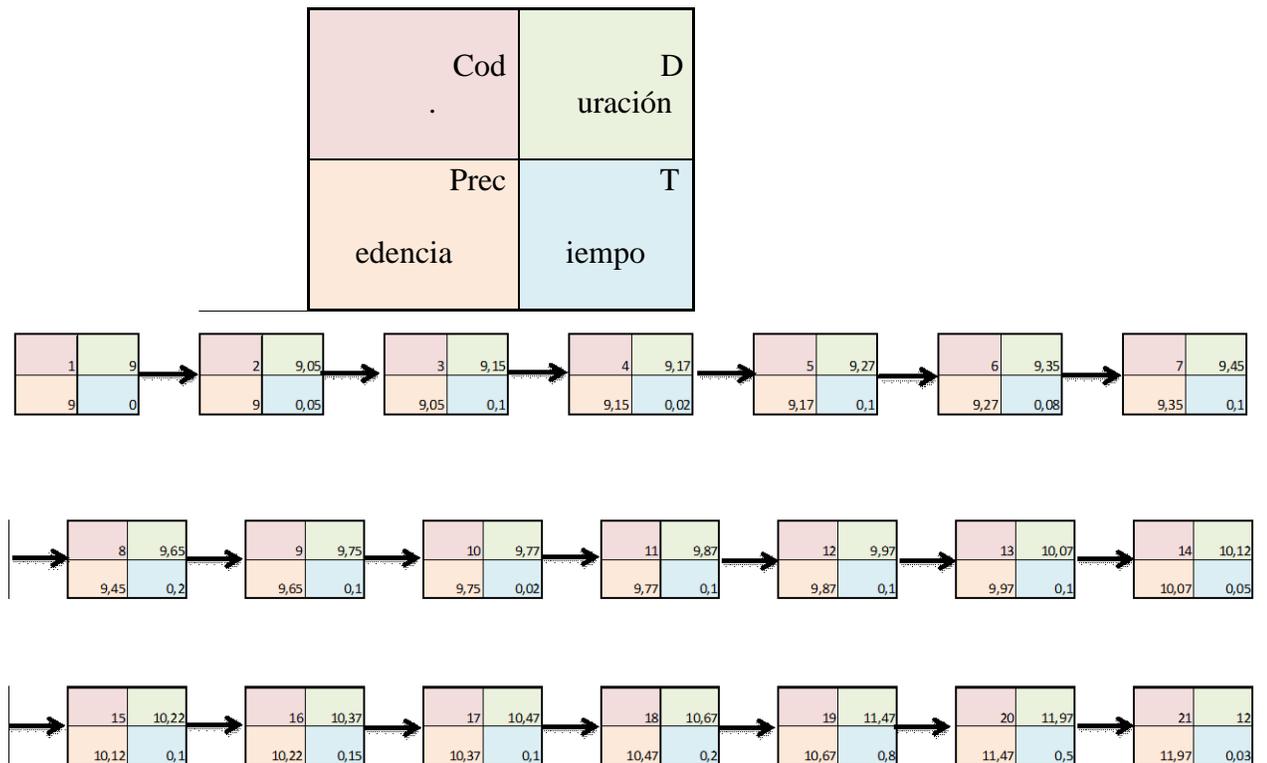
	punto		
	Recoger los residuos	0,1	2
	Recorrido al segundo punto	0,02	3
	Recoger los residuos	0,1	4
	Recorrido al tercer punto	0,08	5
	Recoger los residuos	0,1	6
	Recorrido al cuarto punto	0,2	7
	Recoger los residuos	0,1	8
<b>0</b>	Recorrido al quinto punto	0,02	9
<b>1</b>	Recoger los residuos	0,1	10
<b>2</b>	Recorrido al sexto punto	0,1	11
<b>3</b>	Recoger los residuos	0,1	12
<b>4</b>	Recorrido al séptimo punto	0,05	13
<b>5</b>	Recoger los residuos	0,1	14

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>6</b>	Recorrido al octavo punto	0,15	15
<b>7</b>	Recoger los residuos	0,1	16
<b>8</b>	Descarga de los residuos	0,2	17
<b>9</b>	Lavado del vehículo	0,8	18
<b>0</b>	Tanqueo del vehículo	0,5	19
<b>1</b>	Salir	0,03	20

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Figura 15: Ruta Critica



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Con lo anterior se evidencio que el vehículo empieza a las 9:00 am y finaliza a las 12:00 pm dura 3 horas con 00 minutos. Se debe tener en cuenta los posibles imprevistos que se presenten como el clima, accidentes o demás.

**e) Parámetros de medición de parámetros y monitoreo**

Al igual que en la muestra piloto anteriormente realizada, se tuvo en cuenta la literatura y los antecedentes de estudio realizado. Se debe tener en cuenta los parámetros físico y químicos para conocer la efectividad del abono que se está generando y reconocer si se está realizando un buen manejo en estos lechos. Para esto se deben realizar una serie de medición donde se busca conocer si todo está funcionando de forma correcta. Con la toma de datos de

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

pH y de temperatura se da comienzo a este reconocimiento. A continuación, se encuentra una estructura para el registro de estos datos.

Tabla 24: Registro de parámetros medidos, estructura.

FECHA	DIA	PARAMETRO	MEDICIÓN	MEDICIÓN	MEDICIÓN	CUMPLIMIENTO	
			Cama 1	Cama 2	Cama 3	SI	NO
		pH					
		Temp. (°C )					
		pH					
		Temp. (°C )					
		pH					
		Temp. (°C )					
		pH					
		Temp. (°C )					
		Ph					
		Temp. (°C )					
<b>OBSERVACIONES</b>					<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGO IDEAL</b>	<b>RANGO ACEPTABLE</b>
					pH		6,5 - 8,0
					Temperatura	20°C	10°C - 30°C

Elaborado por: Autores proyecto, 2019.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

### f) Presupuesto del proyecto

Se debe conocer los materiales y el costo de estos, para tenerlos en cuenta al momento de la implementación.

Tabla 25: Presupuesto del proyecto, escala real

<b>MATERIALES PARA LA OBRA "Proyecto"</b>				
<b>OBJETO</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Teja de Zinc	2,44 m X 88 cm	36	\$ 36.790	\$ 1.324.440
Bloque N°5	20 cm X 30 cm	296	\$ 790	\$ 233.840
Amarre teja	Estándar	200	\$ 300	\$ 60.000
Arena	m3	4	\$ 16.000	\$ 64.000
Cemento	50kg	6	\$ 22.300	\$ 133.800
Polisombra Negra	1m (Ancho) x 3m	56	\$ 5.900	\$ 330.400
Angeo Plástico	1 m (Ancho)	12	\$ 4.500	\$ 54.000
Parales de Madera	3,50 m X 11cm X 8cm	14	\$ 35.900	\$ 502.600
Durmientes (Vigas)	5 m X 10 cm X 5cm	12	\$ 6.900	\$ 82.800

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Tablas (Formaleta)	2m X 10cm	48	\$ 10.500	\$ 504.000
Pintura para exteriores	1 gl	2	\$ 90.000	\$ 180.000
Plástico negro aerolínea	4m x 1m	40	\$ 9.900	\$ 396.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3.865.880</b>
<b>HERRAMIENTAS PARA LA OBRA</b>				
Martillo	18oz	4	\$ 25.900	\$ 103.600
SERRUCHO	18"	4	\$ 28.900	\$ 115.600
Cajas Puntillones		8	\$ 6.500	\$ 52.000
Caja puntilla pequeña		6	\$ 4.500	\$ 27.000
Pala		4	\$ 34.500	\$ 138.000
Manguera 1"	100m	2	\$ 73.900	\$ 147.800
Palustre	8"	1	\$ 18.900	\$ 18.900
Balde construcción		2	\$ 5.100	\$ 10.200
Caneca Azul 55 gl	55gl	1	\$ 65.000	\$ 65.000
Alicates 5"		2	\$ 18.900	\$ 37.800
Corta Frio 6"		2	\$ 20.900	\$ 41.800
Rodillo 9"		2	\$ 11.600	\$ 23.200

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Brocha 3"		2	\$ 10.900	\$ 21.800
Registro Plástico	1"	2	\$ 2.500	\$ 5.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 807.700</b>
<b>EQUIPOS PARA LA OBRA</b>				
Termómetro Digital		1	\$ 72.900	\$ 72.900
Báscula 150kg		1	\$ 261.900	\$ 261.900
pH metro suelos		1	\$ 99.000	\$ 99.000
Gramera Digital		1	\$ 44.900	\$ 44.900
Trituradora de RO		1	\$ 1.148.802	\$ 1.148.802
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1.627.502</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Lombriz Roja Californiana	Kg	20	\$ 10.000	\$ 200.000
Sustrato universal	25 kg	12	\$ 60.000	\$ 720.000
Cascarilla de arroz	10 kg	6	\$ 8.500	\$ 51.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 971.000</b>

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>COSTOS</b>		
<b>TOTALES</b>	\$ 7.272.082	
Costos Indirectos	4%	\$ 290.883
Impredecibles	0,40%	\$ 29.088
<b>TOTAL</b>		
<b>PROYECTO</b>	<b>\$ 7.592.054</b>	

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

**d. Protocolo de diseño**

Para facilitar la comunicación y enseñanza de los procesos de aprovechamiento de los residuos orgánicos, lombricultura y compostaje, se realizó una cartilla, donde abarca la explicación desde ¿Qué son?, sus formas de construcción, pasando por los beneficios que estos brindan y demás temáticas para el completo entendimiento.

Por lo cual, se analizó los resultados y el proceso de la realización de la prueba piloto dentro del Ecoparque Los Trapiches, donde se identificó las temáticas indispensables para el entendimiento y elaboración adecuada de los lechos de lombricultivos y compostaje los cuales se estipulan en la cartilla. A continuación, se encuentra la tabla de contenido de dicho material de comunicación.

Tabla 26: Tabla de contenido, Cartilla.

<b>TABLA DE CONTENIDO ;MANOS AL LOMBRI-COMPOST!</b>	
<b>LOMBRICULTURA</b>	¿Qué es lombricultivo?
	¿Qué ventajas tiene?
	Tipo de residuos
	Material para el lombricultivo
	¿Cómo construyo un lombricultivo?
	¿Cómo mantengo un lombricultivo?
	¿Cómo mido estos parámetros?
	¿Qué problemas se me pueden presentar y como los soluciono?
	Como recoger Humus
<b>COMPOSTAJE</b>	¿Qué es el compostaje?

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

	Beneficios del compost
	Materiales para la compostera
	Residuos para la compostera
	¿Cómo inicio la pila de compost?
	Tipos de composteras
	Parámetros de medición

Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Con estos temas fundamentales en la práctica de la lombricultura se realiza la cartilla práctica. Ver el documento adjunto “Cartilla, Manos al lombricompost”, Para observar la totalidad de dicha cartilla.

Figura 16: Cartilla informativa



Elaborado por: Autores proyecto, 2019

Gracias a la realización de la cartilla se logra transmitir la información a las personas interesadas en realizar de forma adecuada el aprovechamiento de los residuos orgánicos que están generando, ya que de esta forma sencilla se logra un fácil entendimiento del tema.

#### **4. CONCLUSIONES**

- Por medio de la construcción de la prueba piloto se pudieron identificar los factores que pueden limitar o potencializar la cría de anélidos y así a través de distintos métodos encontrar las medidas, normas y estándares adecuados de cría, que aseguren una aplicación a escala real. Después de varios ensayos a prueba y error se pueden controlar las anomalías que puedan colocar en riesgo la efectividad del proceso.

Es decir, con la prueba piloto se pueden evaluar diferentes factores de cría y determinar cuáles son los más aplicables y los menos recomendados.

- Con la construcción de la prueba piloto se puede dar la comparación y la verificación entre los datos que brinda la literatura contra los que se obtienen de manera real y dar indicadores nuevos que aplican de manera específica para cada caso y no de manera general como manifiesta la literatura.

En otras palabras, crear la prueba piloto permite demostrar que no siempre se puede generalizar los procesos de lombricultura ni de compostaje.

- Luego de análisis cuantitativos y cualitativos que arrojo el desarrollo del proyecto se puede evidenciar que una puesta en marcha a escala real del proyecto, traería beneficios sociales, ambientales y económicos para la comunidad participe. Disminuyendo considerablemente sus problemáticas ambientales y brindando una oportunidad de desarrollo para la población.

- Por el desarrollo del proyecto no se genera una contaminación ambiental, por ende, no agudiza la problemática del manejo de residuos ni alteración del ambiente y con una

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

aplicación a escala real puede mejorar el entorno ambiental de la zona de trabajo y de los municipios cercanos.

- Los diseños de un material didáctico permiten de manera más comprensiva brindar al lector la posibilidad de acceder a conocimientos básicos, acerca de las prácticas que se realizaron y despertar así el interés por parte de personas no involucradas en el proyecto, que a su vez termina impulsando el uso y aplicación de estas prácticas naturales amigables con el medio ambiental.

- La creación de ese material didáctico permite al lector conocer de manera puntual y específica todos los procesos en los que incurre la cría de lombriz roja californiana.

- Se aporta significativamente al conocimiento relacionado con la gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos, especialmente con soluciones que imitan los procesos dados en los ecosistemas, ya que a través de la producción de compost utilizando como base los residuos de los restaurantes, es posible reutilizarlos como soporte para otros procesos productivos dentro del Ecoparque, tal como sucede en la naturaleza en donde el subproducto de un proceso pasa a ser soporte de otros, siendo un sistema de alta eficiencia con cero desperdicios de materia o de energía.

- A través de la implementación de sistemas sencillos y de bajos costos de inversión, es posible solucionar problemas de contaminación, a la vez que se crean fuentes adicionales de ingresos para una empresa.

- Para la implementación de este tipo de soluciones dentro de la empresa es importante contar con el total compromiso de la administración lo cual asegura el éxito y la continuidad del proyecto.

## 5. RECOMENDACIONES

- La implementación de prácticas como la lombricultura y el compostaje, requieren una comprensión básica de temáticas en diversos campos que aunque no son complejas, le permiten al lombricultor llevar a cabo su trabajo de una manera técnica y eficaz productiva
- El tamaño de la partícula de alimento que se ingresa a los lechos se convierten en un factor determinante para el rendimiento del proceso, para lo que se requiere siempre al momento de ingreso de alimento a cada lecho haber tenido un proceso anterior de reducción de tamaño, ya sea de manera manual o mecánica.
- Es necesario que en los procesos a realizar, se tenga un enfoque técnico donde el uso de equipos, los parámetros a medir, las estadísticas y demás se conviertan en respaldos para poder ejecutar correctamente y así poco a poco dejar de lado el enfoque artesanal que puede presentar y así evitar los posibles datos erróneos y verificar los resultados obtenidos.
- Al suministrar los alimentos adecuada para los anélidos, promueven a fortalecer su desarrollo, reproducción y de esta forma permitir una descomposición más completa de los residuos y así obtener un humus apto y dentro de los parámetros necesarios.
- Antes de empezar cualquier proceso de cría de anélidos es necesario definir el enfoque del proyecto y hacia dónde va dirigido y que este depende el tamaño los parámetros a medir y la forma de cría de los anélidos.
- Una de la mejor técnica que permite verificar si el alimento es adecuado para el anélido consiste en colocar en un recipiente pequeño un poco de alimento deseado con unas

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

cuantas lombrices, los ingresos de los anélidos a alimento en poco tiempo demuestran que el alimento puede ser utilizado.

- Se recomienda que la construcción de los lechos sean materiales compactos o de alta durabilidad para evitarla fuga de los anélidos y garantice a su vez la protección del mismo.

- Uno de los factores que puede afectar el rendimiento de las lombrices es el contacto directo con la luz por lo q se recomienda mantener cada lecho en oscuridad total ya sea con el uso de poli sombras o mallas opacas.

- Uno de os factores que puede afectar el rendimiento de las lombrices es el contacto directo con la luz, por lo que se recomienda mantener cada lecho en oscuridad total ya sea con el uso de poli sombras o mallas opacas.

- Para evitar la presencia de olores fuertes y vectores la cama de compostaje se recomienda la aplicación de riegos manuales para dar a la biomasa un leve flujo de aire.

- Luego de obtener el abono orgánico como materia final de proceso de la transformación de materia orgánica se recomienda el uso controlado y dosificado para las plantas o suelo a tratar ya que aplicado de manera desmedida pueda dañar o afectar las condiciones naturales del medio.

- El uso de materiales de protección personal como botas, guantes, casco y gorra aseguran la integridad física del lombricultor.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, L. B. (1992). *Lombricultura, la alternativa ecológica para el futuro*. Obtenido de Materias primas.

Alcaldía de San Antonio del Tequendama. (6 de Marzo de 2018). *Información General*. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de [http://www.sanantoniodeltequendama-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.sanantoniodeltequendama-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)

Araya, P. M. (2006). *Agroflor Manual de Lombricultura*. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>

Aparicio. (2011). *Estudio de prefactibilidad del cultivo de lombrices para la producción y comercialización de humus en acacias-meta*. Bogotá: Colegio mayor de nuestra señora del rosario.

Barreto, F. (27 de Marzo de 2017). Generación de residuos en el Restaurante Los Trapiches. (B. B. Pineda, Entrevistador)

Compostadores. (s.f.). Lixiviados. Recuperado de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/181-lixiviados.html>

ConceptoDefinición. (2019, 23 julio). ¿Qué es abono? Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/abono/>

Corporación Autónoma Regional de Rionegro-Nare. . (2006). *Manual de gestión productiva sostenible para la seguridad alimentaria*.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Díaz, A. E. (Abril de 2002). *Guía de Lombricultura, una alternativa de Producción*. La Rioja: Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX).

Emgrisa. (21 de Septiembre de 2014). *Tipos de Residuos: Clasificación*. Obtenido de <http://www.emgrisa.es/publicaciones/tipos-de-residuos/>

Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2005). *Cría de la Lombriz de tierra. Una alternativa Ecológica y Rentable*. San Pablo.

Gobernación de Antioquia. (2004). *Aprender Haciendo, Producción Agrícola*. Medellín: MANA.

Gómez, I. L. (8 de Marzo de 2005). *Manual de Lombricultura*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://beta.tierrandalucia.org/wp-content/uploads/2014/11/Manual-de-lombricultura.pdf>

Infoagro. (S.f.). *Compostaje*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2006). *Lombrices de Tierra como Agentes Mejorados de las Propiedades Físicas del Suelo en Huertos Frutales*. Santiago de Chile: INIA- La Platina.

Jaramillo, J. (2003). *Gestión integral de residuos Sólidos municipales - GIRSM. Efectos de la inadecuada gestión de Residuos Sólidos*. Medellín, Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Maldonado, S. (2010). Lombricultura: Una alternativa productiva. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7359/tesis395.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bogotá, Colombia.

Martella, M. (1 de Diciembre de 2012). Manual de Ecología. Recuperado de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/905/918&a=bi&pagenumber=1&w=100>. Cordoba, Argentina

Mike's Backyard Nursery. (25 de Febrero de 2015). *Complete Guide to Soil pH testing*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017, de <http://mikesbackyardnursery.com/2015/02/complete-guide-to-soil-ph-testing/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de Mayo de 2005). Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambientalq. *Seminario sobre el Aprovechamiento y manejo de Residuos Sólidos*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1459%20-%202005.pdf>

Moreno, S. (2013). PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMÉSTICOS MEDIANTE LA PRODUCCIÓN DE ABONOS EN ALDEAS INFANTILES SOS. Bogotá, Colombia. Universidad libre

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (s.f.). Medición de áreas. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6707s/x6707s10.htm#top](http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s10.htm#top). Colombia

Oviedo, R., Marmolejo, L., & Torres, P. (2012). PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE DE BIORRESIDUOS PROVENIENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

MUNICIPALES. UN ENFOQUE DESDE LO GLOBAL A LO LOCAL. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a06.pdf>

Rico, C., & Leguizamon, J. (2019). Evaluación de tecnologías (compostaje, lombricultura y bokashi) para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de Puerto Gaitán-Meta. Villavicencio, Colombia. Universidad Santo Tomas.

Roman, M. &. (2013). *Manual de compostaje del agrucultor*. Santiago de Chile.

Rural, P. A. (26 de Abril de 2013). *TodoAgro.com.ar*. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de Uso y propiedades del Lombricompuesto: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=24195>

Sandoval & Sanchez. (2018). *Planta de lombricompost a partir de desechos sólidos organicos de origen alimenticio provenientes de las plazas de mercado en la ciudad de Bogotá, D.C*. Bogotá: Universidad Distrital.

Secretaría de Agricultura, G. D. (2006). *Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural*. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de Lombricultura: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>

Secretaría Distrital de Hábitat. (S.F.). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Recuperado de [http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

Silva, M. C. (Marzo de 2018). *Lombricultura con Producción Controlada: Una alternativa Agroindustrial*. Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/agroecologia-una-opcion-para-la-produccion-de-alimentos/>

Sosa, J. d., & Botero, L. M. (2003). *Guía para la Cría, Manejo y Aprovechamiento Sostenible de Algunas Especies Animales Promisas y otras Domésticas* (Vol. No 120). Sincelejo: Convenio Andres Bello.

Soto, G. (3 y 4 de Marzo de 2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>

Vargas, D. R. (2016). Vermicompostaje: Una alternativa para el reciclado de residuos orgánicos. *Compostando Ciencia*, 2.

## ANEXOS

### ANEXO A:

En las siguientes tablas se encuentra los datos de la cantidad de residuos generados en el mes de Enero del año 2018, en cada uno de los restaurantes involucrados en el proyecto:

<b>RESTAURANTE LOS TRAPICHES</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO</b>
		<b>ORGÁNICO</b> Lechos (kg)	<b>ORGÁNICO</b> Compostera (kg)
12-ene-18	Viernes	30,5	18,8
13-ene-18	Sábado	46,7	22,8
14-ene-18	Domingo	57,6	21,2
<b>TOTAL</b>		<b>134,8</b>	<b>62,8</b>
19-ene-18	Viernes	27,3	10,1
20-ene-18	Sábado	39,6	13,4
21-ene-18	Domingo	30,3	7,9
<b>TOTAL</b>		<b>97,2</b>	<b>31,4</b>
26-ene-18	Viernes	24,6	13,9
27-ene-18	Sábado	30,5	19,3
28-ene-18	Domingo	43,8	24,2
<b>TOTAL</b>		<b>98,9</b>	<b>57,4</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>80,4</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>RESTAURANTE LA LIBERTAD</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	10,2	4,6
13-ene-18	Sábado	21,6	11,56
14-ene-18	Domingo	19,4	9,5
<b>TOTAL</b>		<b>51,2</b>	<b>25,66</b>
19-ene-18	Viernes	15,2	6,4
20-ene-18	Sábado	8,5	2,9
21-ene-18	Domingo	7,4	3,7
<b>TOTAL</b>		<b>31,1</b>	<b>13</b>
26-ene-18	Viernes	10,5	5,8
27-ene-18	Sábado	9,42	4,1
28-ene-18	Domingo	10,4	6,4
<b>TOTAL</b>		<b>30,32</b>	<b>16,3</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>27,9</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>RESTAURANTE MI GRANJA</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	18,6	11,5
13-ene-18	Sábado	19,4	15,6
14-ene-18	Domingo	10,8	10,4
<b>TOTAL</b>		<b>48,8</b>	<b>37,5</b>
19-ene-18	Viernes	19,5	9,4
20-ene-18	Sábado	20,4	12,5
21-ene-18	Domingo	22,5	10,5
<b>TOTAL</b>		<b>62,4</b>	<b>32,4</b>
26-ene-18	Viernes	23,9	19,6
27-ene-18	Sábado	19,4	11,8
28-ene-18	Domingo	12,8	11
<b>TOTAL</b>		<b>56,1</b>	<b>42,4</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>46,6</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>RESTAURANTE LOS TUNOS</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	25,9	15,9
13-ene-18	Sábado	19,2	14,7
14-ene-18	Domingo	19,4	10,6
<b>TOTAL</b>		<b>64,5</b>	<b>41,2</b>
19-ene-18	Viernes	12,6	8
20-ene-18	Sábado	14,9	9,5
21-ene-18	Domingo	19,2	1
<b>TOTAL</b>		<b>46,7</b>	<b>18,5</b>
26-ene-18	Viernes	12,5	13,9
27-ene-18	Sábado	14,2	14,8
28-ene-18	Domingo	10,8	12,4
<b>TOTAL</b>		<b>37,5</b>	<b>41,1</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>41,6</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>PIQUETEADERO EL PIN</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	22,4	19,8
13-ene-18	Sábado	18,9	20,5
14-ene-18	Domingo	15,4	24,9
<b>TOTAL</b>		<b>56,7</b>	<b>65,2</b>
19-ene-18	Viernes	12,5	19,6
20-ene-18	Sábado	19,5	14,8
21-ene-18	Domingo	24,9	15,6
<b>TOTAL</b>		<b>56,9</b>	<b>50</b>
26-ene-18	Viernes	27,9	20,6
27-ene-18	Sábado	20,5	21,8
28-ene-18	Domingo	25,4	19,5
<b>TOTAL</b>		<b>73,8</b>	<b>61,9</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>60,8</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>LAS DELICIAS DE MARIA E.</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	12	15,6
13-ene-18	Sábado	14,3	12,4
14-ene-18	Domingo	10,6	13,4
<b>TOTAL</b>		<b>36,9</b>	<b>41,4</b>
19-ene-18	Viernes	14,9	9,6
20-ene-18	Sábado	8,5	8,5
21-ene-18	Domingo	11,6	5,4
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>23,5</b>
26-ene-18	Viernes	10,2	6,4
27-ene-18	Sábado	9,5	8,4
28-ene-18	Domingo	6,4	3,4
<b>TOTAL</b>		<b>26,1</b>	<b>18,2</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>30,2</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>PESCADERIA RIO MAR</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	22,6	12,3
13-ene-18	Sábado	18,5	10,4
14-ene-18	Domingo	16,4	15,6
<b>TOTAL</b>		<b>57,5</b>	<b>38,3</b>
19-ene-18	Viernes	23,4	12,5
20-ene-18	Sábado	18,6	11,2
21-ene-18	Domingo	19,5	10,4
<b>TOTAL</b>		<b>61,5</b>	<b>34,1</b>
26-ene-18	Viernes	20,4	15,6
27-ene-18	Sábado	25,9	14,8
28-ene-18	Domingo	18,3	13,2
<b>TOTAL</b>		<b>64,6</b>	<b>43,6</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>49,9</b>	

Diseño de un sistema de compostaje y lombricultivo como solución primaria para el procesamiento de residuos biodegradables, en la zona de influencia del Ecoparque los Trapiches

<b>POSTRES TEQUENDAMA</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>	<b>PESO ORGÁNICO Lechos (kg)</b>	<b>PESO ORGÁNICO Compostera (kg)</b>
12-ene-18	Viernes	9,5	5,6
13-ene-18	Sábado	6,4	10,5
14-ene-18	Domingo	8,4	9,8
<b>TOTAL</b>		<b>24,3</b>	<b>25,9</b>
19-ene-18	Viernes	5,6	6,3
20-ene-18	Sábado	4,9	10,6
21-ene-18	Domingo	10,5	9,8
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>26,7</b>
26-ene-18	Viernes	12,4	7,6
27-ene-18	Sábado	11,6	5,9
28-ene-18	Domingo	9,4	14,6
<b>TOTAL</b>		<b>33,4</b>	<b>28,1</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>26,6</b>	