

**Producción de Bioabono, mediante el uso de la lombriz
roja californiana (*Eisenia foetida*)**

Paola Andrea Rivera Gallegos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiental
Bogotá D.C., Colombia
2017

Producción de Bioabono, mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Paola Andrea Rivera Gallegos

Cód. 53008693

Proyecto aplicado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director:

MEng. Andrea Viviana Yate Segura

Línea de investigación:

Gestión Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiental
Bogotá D.C., Colombia

2017

*“La tierra no es una herencia de nuestros
padres, sino un préstamo de nuestros hijos”*

Proverbio Indio.

Agradecimientos

Doy gracias a Dios, por permitirme estudiar esta carrera, por darme inteligencia, sabiduría y la fortaleza necesaria, para sobrellevar los obstáculos que día a día se presentan. Gracias doy a mis padres y mi hermano, por su apoyo incondicional, por sus palabras de fortaleza en los momentos que me sentí decaer y por impulsarme cada día a luchar por una meta trazada, por no derrumbarme aunque las circunstancias me querían hacer perder el rumbo. Gracias doy a la profesora Andrea Yate, por su apoyo durante la realización del anteproyecto, y la ejecución de este mismo, también quiero agradecer al Ing. Víctor Fabián Forero, por facilitarme los medios para llevar a cabo la organización del anteproyecto, y continuar con la ejecución del mismo. Finalmente quiero agradecer a la Dra. Julia Alba Ángel Osorio, por brindarme toda su colaboración en momentos que no podía ver de nuevo el horizonte, porque gracias a su colaboración y su apoyo pude retomar nuevamente el rumbo de este proyecto.

Por otra parte quiero agradecer a todos los profesores quienes a través de sus enseñanzas y actividades colaborativas, hicieron que me convirtiera en una persona más segura, y más dedicada. Finalmente agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por permitirme tener el conocimiento y los valores que hoy me hacen ser una profesional con sentido de pertenencia por la Universidad, y por las actividades que aquí se realizan.

Resumen

El presente proyecto está enfocado en la generación de Bioabono, mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), la cual a condiciones metabólicas adecuadas fomentan la degradación de residuos sólidos orgánicos. Se pretende evaluar el proceso de obtención de Bioabono a partir de residuos domiciliarios putrescibles del barrio Álamos 4º Sector, y en un trabajo conjunto con la comunidad proyectar la cantidad de abono posible a producir por el sector, logrando de esta forma motivar a la comunidad a desarrollar nuevos proyectos, y mecanismos de desarrollo limpio.

El Bioabono obtenido presentó buena calidad en relación con la normatividad vigente establecida por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, según la comparación hecha a los resultados de laboratorio de las tres camas diseñadas con sustratos diferentes. Donde la densidad aparente, el pH y la temperatura se encontraron dentro de los parámetros solicitados. La humedad de las tres camas por su parte, se encontró por encima de la norma, lo que sugiere que el abono requerirá para su comercialización una etapa de secado. Si bien, la conductividad eléctrica no presenta un valor determinado para su comercialización, los resultados arrojan que según el uso del abono se podría afectar el rendimiento de las plantas, pero es apto para las plantas ornamentales que sería el uso a dar al abono obtenido en este proyecto. Finalmente, según la Asociación Internacional de

la Industria de los Fertilizantes: “*el Nitrógeno es el motor de crecimiento de las plantas*”, este constituye uno de los principales compuestos vitales tales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 2002). Los valores del nitrógeno de las tres camas se encontraron por encima del 1%, que corresponde a los valores típicos de abonos producidos con desperdicios de jardín y alimentos.

Palabras claves: Vermicultura, Manejo de suelos, residuos orgánicos domiciliarios putrescibles, Sustratos y Bioabono.

Abstract

The present project is focused on the generation of compost using the Californian red worm (*Eisenia foetida*), which to appropriate metabolic conditions promote the degradation of organic solid wastes. It pretend evaluates compost process obtained from the Alamos 4° Sector neighborhood domiciliary waste. And in a joint work with the community to scheme the humus quantities to produce by the neighborhood, attaining with this the community motivation to develop new projects, and mechanisms of clean development

The obtained Bioabono presented good quality in relation to the current regulations established by the Institute Colombian Agricultural ICA, according to the comparison made to the laboratory results of the three beds designed with different substrates. Where apparent density, pH and temperature were within the requested parameters. The humidity of the three beds on the other hand, was found above the norm, which suggests that the fertilizer will require for its commercialization a stage of drying. Although the electrical conductivity does not have a determined value for commercialization, the results show that depending on the use of fertilizer could affect the performance of plants, but are suitable for ornamental plants that would be the use to give the fertilizer obtained in this

project. Finally, according to the International Fertilizer Industry Association: "Nitrogen is the engine of plant growth", it constitutes one of the main vital compounds such as amino acids, proteins, enzymes, nucleoproteins, nucleic acids, as well as of cell walls and chlorophyll in vegetables (International Association of Fertilizers Industry, 2002). The nitrogen values of the three beds were found to be above 1%, which corresponds to the typical values of fertilizers produced with garden waste and food.

Keywords: *Vermiculture, soil management, household organic waste, Substrate, compost.*

Contenido

1. Residuos orgánicos domiciliarios putrescibles.....	5
1.1. Clasificación de Residuos.....	5
1.2. Lombricultura en la transformación de residuos	6
1.2.1. Densidad poblacional de lombrices	8
1.2.2. Lombrices aptas para lombricultivo	9
1.2.3. Infraestructura para un lombricultivo	10
1.3. Estado del arte	12
2. Planteamiento del problema	15
2.1. Objetivos.....	17
2.1.1. General.....	17
2.1.2. Específico	17
2.2. Metodología.....	18
3. Producción de Bioabono	23
3.1. Procedimiento experimental	23
3.1.1. Caracterización y cuantificación de residuos	23
3.1.2. Estudio del proceso de lombricultivo	24
3.1.3. Caracterización del abono orgánico	27
3.2. Resultados y discusión.....	29

3.2.1. Acercamiento a la comunidad	29
3.2.2. Composición de los residuos sólidos domiciliarios.....	32
3.2.3. Efecto del tipo de residuo en el lombricultivo.....	34
3.2.4. Comportamiento poblacional del lombricultivo.....	37
3.2.5 Producción de Bioabono	37
3.2.5. Calidad del abono orgánico	38
4. Impacto en la comunidad.....	43
5. Conclusiones y recomendaciones	47
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones	48
6. Bibliografía.....	49

Lista de figuras

Figura 1. Producción de RSU por habitante día	2
Figura 2 Árbol de problemas	15
Figura 3. Metodología empleada	18
Figura 4. Cantidad de residuos generados por semana	30
Figura 5 Tipo de disposición dada a los residuos orgánicos.....	30
Figura 6. Habitantes por hogar encuestado.....	31
Figura 7. Intención de participar en proyectos de disposición final de residuos	32
Figura 8. Composición de residuos domiciliarios de Álamos 4° Sector	33
Figura 9. Fotografías de las camas.....	39
Figura 10. Comportamiento In Situ del pH del lombricultivo.....	39
Figura 11. Comportamiento In Situ de la temperatura del lombricultivo.....	40
Figura 12. Principales compradores de humus a nivel nacional.....	44

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos orgánicos urbanos.....	6
Tabla 2. Longevidad y proliferación de lombrices	7
Tabla 3. Parámetros adecuados para el desarrollo de las lombrices	10
Tabla 4. Producción de RSD en Engativá para el año 2010	16
Tabla 5. Producción de RSD en Engativá para el año 2016	16
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de la cama con oxido de calcio.....	34
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de la cama neutralizada	35
Tabla 8. Control de parámetros fisicoquímicos del pie de cría.....	36
Tabla 9 Comportamiento poblacional del lombricultivo por cama.	37
Tabla 10. Resultados de laboratorio y comparación de la norma	40
Tabla 11. Valor del humus de empresas autorizadas en Cundinamarca.....	44
Tabla 12. Costos requeridos para obtener permisos de comercialización	45

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
<i>Kg</i>	Kilogramo	1000 gr
<i>pH</i>	Potencial de Hidrogeno	0-14 Unidades
<i>T°</i>	Temperatura	°C
<i>CE</i>	Conductividad Eléctrica	mS/cm
<i>ml</i>	Mililitros	

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>ICA</i>	Instituto Colombiano Agropecuario
<i>NTC</i>	Norma Técnica Colombiana
<i>AEMA</i>	Agencia Europea de Medio Ambiente
<i>BID</i>	Banco Interamericano de Desarrollo
<i>OPS</i>	Organización Panamericana de la Salud
<i>RSD</i>	Residuos Sólidos Domésticos
<i>RSU</i>	Residuos Sólidos Urbanos
<i>GTC</i>	Guía Técnica Colombiana
<i>UAESP</i>	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
<i>POT</i>	Plan de Ordenamiento Territorial

Abreviatura	Término
<i>UPZ</i>	Unidad de Planeación Zonal
<i>CIC</i>	Capacidad de Intercambio Catiónico
<i>CRA</i>	Capacidad de Retención de Agua
<i>COLVIVEROS</i>	Asociación Colombiana de Viveristas y Productores ornamentales

Introducción

Los residuos sólidos son una problemática que genera un gran impacto ambiental en las diferentes ciudades del país y del mundo. Sin embargo de acuerdo con el quinto informe de la Agencia del Medio Ambiente Europea, la gestión de los residuos ha mejorado, ya que la tasa de reciclaje aumentó en 21 países entre los años 2004 y 2012, esto indica que los países, que hacen parte de la Agencia Europea para el Medio Ambiente, alcanzaron una tasa de reciclaje media del 29% en 2012, en comparación con el 2004 que fue del 22%.

(Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015)

Por su parte la AEMA indica que la generación de residuos fue de 16,7 toneladas por persona en el año 2007, mientras que para el año 2012 este valor descendió a 13,7 toneladas por persona, debido al desplome de la industria de la construcción en esos países. (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015)

América Latina por su parte, a través del Banco Interamericano de Desarrollo, generó el Informe regional acerca del manejo de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe del año 2010, en el cual se estimó que la generación per cápita de Residuos Sólidos Domésticos en América Latina y el Caribe llega a 0,63 kg/hab/día, mientras que la generación de Residuos Sólidos Urbanos, asciende a 0,93 kg/hab/día, que equivale a 295.000 toneladas de RSD y 436.000 de RSU aproximadamente. La Figura 1, presenta la

generación de RSU per cápita en países de Europa, Estados Unidos, América Latina y el Caribe, de acuerdo a lo reportado por la Organización Panamericana de la Salud, donde se evidencia que el mayor generador de RSU es Estados Unidos, mientras que el menor generador es América Latina y el Caribe (ALC), esto indica que aunque los países más desarrollados generan un mayor volumen de residuos sólidos urbanos, debido al consumismo, en la actualidad algunos de estos países, ya están implementando acciones para tener una disposición final diferente, sin embargo aún faltan más acciones que generen un impacto positivo en la comunidad y en el mundo.

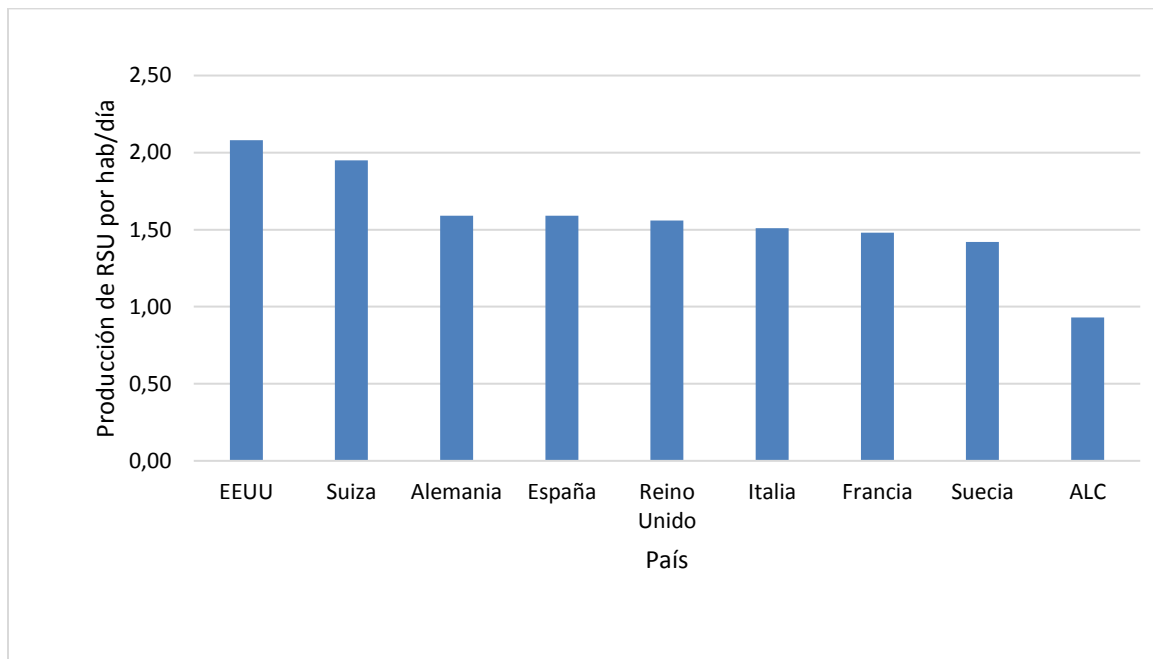


Figura 1. Producción de RSU por habitante día

Fuente: Adaptado de (BID, AIDIS, & Salud., 2010)

En el caso de Colombia, se ha encontrado que las ciudades capitales tales como Medellín, Cali, Barranquilla y Bogotá generan un aproximado de 11.275 toneladas/día de residuos sólidos municipales, de los cuales aproximadamente el 41% corresponde a residuos orgánicos (Jaramillo Henao & Zapata, 2008). Bogotá, genera aproximadamente 6.500

toneladas de residuos sólidos/día, distribuidos en 20 localidades, siendo la localidad de Engativá después de Kennedy, la que más residuos genera a la ciudad. (Alcaldía mayor de Bogotá D.C., 2015).

Aunque el manejo de residuos, la separación en la fuente y el aprovechamiento hacen parte de las políticas nacionales, en los últimos años se han generado diferentes iniciativas que permiten mitigar el impacto de los residuos sólidos urbanos, sin embargo las comunidades aún no realizan una separación adecuada, y no aprovechan sus residuos. Por esta razón, se plantea este proyecto de generación de Bioabono, mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en el barrio Álamos 4° Sector perteneciente a la localidad de Engativá.

El objetivo principal de este proyecto es evaluar el proceso de Bioabono obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos putrescibles, producidos en el barrio Álamos 4° sector, involucrando el análisis de los residuos generados aptos para obtener Bioabono con características adecuadas para su uso en jardinería, los efectos a la comunidad y las posibilidades de comercialización. Los resultados del proyecto se presenten con la siguiente estructura:

El capítulo 1 presenta la información general sobre la producción de Bioabono a partir de residuos sólidos orgánicos putrescibles, la clasificación de los residuos sólidos orgánicos, y se dan las bases teóricas del proceso de vermicultura. Este capítulo presenta igualmente la revisión bibliográfica de la producción de Bioabono a partir de residuos orgánicos domiciliarios putrescibles. El capítulo 2, presenta la problemática del proyecto, los objetivos y la metodología implementada.

El capítulo 3, presenta los resultados de caracterización y cuantificación de los residuos del área de estudio, así como, el estudio experimental de las variables de rendimiento y características fisicoquímicas del Bioabono obtenido a partir de diferentes sustratos, que tiene como objetivo establecer los efectos de los tipos de sustratos sobre el rendimiento de la transformación a Bioabono por parte de las lombrices californianas.

De igual forma, los resultados del estudio sobre los efectos a la comunidad que generaría la transformación de residuos sólidos orgánicos a Bioabono, y las características del mismo para establecer su posible comercialización, son presentadas en el capítulo 4.

El proyecto finaliza con las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones y la implementación de procesos de generación de Bioabono en pequeñas comunidades. Los resultados del proyecto permiten establecer a la comunidad como un actor fundamental para el desarrollo de actividades encaminadas hacia la protección del medio ambiente, la formulación de planes de agricultura urbana, y la generación de abono orgánico de alta calidad.

1. Residuos orgánicos domiciliarios putrescibles.

1.1. Clasificación de Residuos

Los residuos orgánicos domiciliarios putrescibles son aquellos residuos que se generan en los hogares, las plazas de mercado, y supermercados de barrio, que tienen un alto porcentaje nutritivo para los suelos, pero que debido a la falta de conocimiento de la población, este potencial se desperdicia (Colomer, 2010).

Los residuos sólidos urbanos se pueden clasificar de acuerdo a su origen en:

- **Residuos Sólidos Inorgánicos Reciclables:** Aquellos residuos en los cuales sus propiedades físicas, permiten dar un segundo uso, o hacer una transformación para obtener nuevamente un producto. Ejemplo: Vidrio, Cartón, Papel, Tetrapak, etc. (ICONTEC, 2009)
- **Residuos Sólidos orgánicos:** Se definen según la norma técnica Colombiana GTC 53-7:2000 en, materiales sólidos o semisólidos de origen animal, humano o vegetal que se abandonan, botan, desechan, descartan y rechazan, y son susceptibles de biodegradación, incluyendo aquellos considerados como subproductos orgánicos, provenientes de los procesos industriales. La Tabla 1 presenta la clasificación de residuos sólidos orgánicos urbanos.

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos orgánicos urbanos

Residuos	Origen
Barrido de calles	Provenientes del barrido de calles, a través del servicio de aseo y la recolección.
Institucionales	Instituciones públicas, privadas, y contenedores.
Mercados	Provenientes de plazas de mercado, centros de abasto y centros de venta de productos alimenticios.
Comerciales	Provenientes de establecimientos comerciales, tales como restaurantes, tiendas y supermercados
Domiciliarios	Provenientes de los hogares, predominando los restos de frutas, verduras, alimentos preparados y poda de árboles.

Fuente: Adaptado de (Jaramillo Henao & Zapata, 2008) y (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo Territorial, 2009)

1.2. Lombricultura en la transformación de residuos

La importancia de la Lombricultura a nivel mundial tiene sus orígenes en los años 10.000 antes de Cristo en la región de Egipto y Mesopotamia, ya que para los Egipcios las lombrices eran las encargadas de darle la fertilidad al valle de Nilo, sin embargo su real importancia se generó cuando Aristóteles bautizó las lombrices de tierra, como los intestinos de la tierra, debido a su movilidad dentro del suelo y los beneficios que esto generaba a la agricultura. (Lombrimadrid, 2017)

En el año 1880 Charles Darwin se interesó por las lombrices, y fue en ese momento cuando escribió el libro *La formación de moho vegetal por la acción de los gusanos, con la observación de sus hábitos*. Posteriormente se genera un interés económico en el año 1947 cuando Hugh Carter cría las lombrices con fines comerciales y posteriormente estas se hacen extensivas en 1978 en Italia. (Lombrimadrid, 2017; Naym, 2015).

La Lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz terrestre o la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) cuyo sustrato son los residuos orgánicos putrescibles o biodegradables, los cuales una vez transformados pueden ser aprovechados como abono para cultivos agrícolas. Los residuos sólidos orgánicos putrescibles son transformados por la lombriz produciendo Humus, que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica, produciendo un Bioabono de excelente calidad. Si bien, en términos generales el manejo de esta Lombriz es muy sencillo, esta requiere de condiciones ambientales de humedad, temperatura, pH, riego, aireación y alimentación óptima para su desarrollo (Cajas, 2009; Ferruzzi, 1986). La lombriz roja es ideal para procesos agroforestales, pues es capaz de sintetizar los desechos orgánicos como estiércoles de los animales y vegetales sobrantes de los cultivos.

La lombriz es un anélido hermafrodita: pertenece al phylum (o trinco) de los Anélidos, a la clase de los Oligoquetios. Las características de la Lombriz Roja son muy distintas a las de las Lombrices comunes, ya que según el fenotipo presentan diferencias para llevar a cabo la explotación, alterando de esta forma la longevidad y la proliferación entre las lombrices comunes y la Lombriz Roja, tal como se presenta en la Tabla 2 (Ferruzzi, 1986).

Tabla 2. Longevidad y proliferación de lombrices

Especie	Longevidad (años)	Periodicidad de acoplamiento (en días)	Número de nacidos
Lombriz roja	16	7	2 - 21
8.000 especies distintas de lombrices comunes	4	45	1- 4

La Lombriz roja californiana que es criada en cautividad al aire libre, bajo las condiciones climáticas colombianas, puede multiplicarse en un modelo inicial de producción de 18 a 26

veces. Sin embargo, si su cría se realiza en un invernadero a condiciones adecuadas, puede llegar a multiplicarse hasta 512 veces en el curso de su vida activa. Por su parte, la lombriz común es muy difícil de criar en cautividad, ya que esta sufre un aletargamiento durante los meses fríos, y reinicia su actividad en los meses calurosos o templados (Ferruzzi, 1986).

1.2.1. Densidad poblacional de lombrices

Las condiciones iniciales en las cuales se desarrolla un lombricultivo, son indispensables para regular la densidad poblacional de lombrices. Según el Manual de vermicompostaje y vermicultura, para realizar el control de la densidad poblacional, es necesario tener en cuenta el peso inicial de la biomasa de lombriz por unidad de área de cama, es decir, si se inicia con 5kg de lombrices y están solamente colocadas en un compartimiento con un área de 2m², la densidad poblacional podría llegar a ser de 2,5kg/m² (Ferruzzi, 1986).

Por otra parte, cuando la densidad poblacional es mayor a 5kg/m², la reproducción se realiza de forma lenta, debido a la competencia que se genera por comida y espacio. Según esta información la densidad media inicial, debe estar entre 2,5kg/m² y no puede superar más de 5kg/m².

Las barreras que impiden la reproducción en las lombrices son:

- Bajo conocimiento y experiencia en el tema
- Bajos recursos para dedicar al proceso de reproducción de lombrices
- Bajo nivel de preparación de las camas, para que las lombrices sobrevivan en épocas como el invierno, o las heladas presentes en la sabana de Bogotá.

- Necesidad de largas áreas de tierra, o camas diseñadas adecuadamente, en las cuales se manejen adecuadamente los lixiviados.
- Pérdida considerable de nutrientes, debido a la volatilización.

Las lombrices obtienen su nutrición debido al proceso de digestión, en donde una parte del sustrato es utilizado para su desarrollo, y la otra parte es depositada en el suelo, en forma de materia fecal. Esta materia fecal de las lombrices es conocida con el nombre de Humus. Durante este proceso, también actúan los microorganismos mesofilos, es decir, aquellos microorganismos que están presentes en temperaturas inferiores a 35°C, por ello la alimentación de las lombrices se realiza en capas delgadas, preferiblemente inferiores a 40cm, de tal forma que se evite un incremento en la temperatura. (Ferruzzi, 1986).

1.2.2. Lombrices aptas para lombricultivo

Se han identificado seis (6) especies de lombrices, con alto potencial para ser usado en la descomposición de los residuos orgánicos, las cuales son: *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugeniae* y *Perionyx excavatus* (Ferruzzi, 1986).

Algunas de estas especies fueron probadas en un laboratorio en Canadá, según lo manifiesta El Manual de Vermicompostaje y Vermicultura. A partir de este estudio, los investigadores observaron que había lombrices más prolíficas y que crecían con más facilidad en presencia de biomasa, entre estas especies se identifica la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como la lombriz que tiene un mejor desarrollo, en relación a otras especies de lombrices.

Para el correcto desarrollo de las lombrices y la generación adecuada de Bioabono es necesario cumplir con algunos parámetros presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros adecuados para el desarrollo de las lombrices

Factor	Niveles Requeridos
Temperatura <ul style="list-style-type: none"> • Preferiblemente • Limite 	15 – 24°C 0 – 35°C
Cambio de humedad <ul style="list-style-type: none"> • Preferiblemente • Limitante 	80 – 90% 60 – 90%
Contenido de amoníaco	< 0,5 mg/g
Contenido de sales	< 0,5mg/g
pH	5 – 9
Oxígeno necesario	Aeróbicas

Fuente: (Arancon, s.f.)

1.2.3. Infraestructura para un lombricultivo

La ubicación de las camas o lechos deben ser preferiblemente en lugares de fácil acceso para las operaciones de riego, distribución de comida y volteo del lombricompost.

También es indispensable contar con las especificaciones de cada parte del sistema, las cuales se relacionan a continuación (Ferruzzi, 1986):

Camas o lechos: Constituyen el espacio en el que se realiza el proceso de Lombricultura.

Se puede fabricar de esterilla, guadua o ladrillo y se estima que debe contar con 1 m de ancho, la longitud se puede adaptar a la disponibilidad del terreno. Generalmente, se emplean módulos de 2 a 3 metros de largo. La altura de la cama más usual es de 40 cm y el espacio óptimo entre estas se estima entre 5 y 50cm.

Pisos: En el interior de las camas, se recomienda tener piso de cemento, tela plástica, esterilla o algún material que aisle el cultivo del suelo de tal forma que se eviten plagas que puedan afectar el cultivo. Es recomendable emplear un piso con pendiente entre 2 y 5%, lo que permite reducir los riesgos de inundación de la cama.

Techos: Se recomienda colocar techo para aislar el cultivo de la lluvia directa y contar con sombra que mejora las condiciones de trabajo de la lombriz.

Cerramiento: Es conveniente cerrar la caseta con polisombra o malla para evitar la entrada de aves y otros depredadores.

Las condiciones más importantes para el desarrollo de un lombricultivo son la temperatura del medio y la luz. La *temperatura del medio* debe estar lo más cercana posible a la de su propio cuerpo, que es de aproximadamente 19°C. Sin embargo, es recomendado mantener la temperatura entre los 20°C y 25°C, la cual puede ser controlada mediante remoción del lombricomposto. Si bien, la temperatura puede tener un rango de adaptación, las condiciones de *luz* deben ser controlados de manera minuciosa ya que los rayos ultravioleta pueden matar la lombriz, en este sentido es recomendable que la iluminación, sea natural o artificial, no incida directamente sobre el hábitat. (Ferruzzi, 1986)

Los controles de un lombricultivo se realizan a través de mediciones de parámetros fisicoquímicos in situ, lo que permite definir el consumo de sustrato, el porcentaje de humedad presente en el Humus, el pH del suelo y la temperatura de las camas, ya que de verse alterado uno de estos parámetros, puede ocasionar la muerte de las lombrices, o reducir la calidad del abono, por presencia de sales minerales, y aumento de Amoniaco en el Humus. (Colomer, 2010; Ferruzzi, 1986).

1.3. Estado del arte

El aprovechamiento y manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos urbanos ha sido ampliamente estudiado e implementado en diferentes países a nivel mundial (Jaramillo Henao & Zapata, 2008). El manejo adecuado de residuos en países como Bolivia inicia desde la separación en la fuente para posteriormente producir abono orgánico a partir de material vegetal y residuos orgánicos proveniente de plazas de mercado. Ecuador por su parte, está implementando tres proyectos de compostaje, aprovechados por el sector privado, a través de la empresa Compostec S.A; Esta pretende que los residuos orgánicos tales como: estiércol de ganado y residuos sólidos orgánicos de plazas de mercado sean usados como materia prima de abono empleando organismos aceleradores en su producción. (Suavis & Salas, 2010)

En Rosario (Argentina), se puso en marcha un proyecto relacionado con la utilización de residuos verdes, empleando materias primas tales como residuos de poda, hojas y césped, así como también los provenientes del desmalezado del terreno, y a través de un procedimiento natural, generar abono orgánico vegetal. Según el informe presentado por el Pacto Ambiental de Rosario (Argentina), la generación de residuos sólidos domiciliarios es de 0,506kg/hab/día, para un total de 479,85 ton/día, de los cuales el 58,4% corresponde a residuos sólidos orgánicos, y se ha establecido que con la puesta en marcha del proyecto de minimización de residuos orgánicos han logrado aprovechar el 52% del volumen total de los residuos generados en la ciudad, a través de la implementación de plantas de compostaje. (Pacto Ambiental Rosario PAR, 2014).

En Colombia actualmente existe una iniciativa por parte del Valle de Aburra, en el cual se desarrolla un proyecto de manejo integral de residuos sólidos urbanos, enfocado hacia el aprovechamiento de la fracción orgánica, mediante técnicas como compostaje y lombricultura en más de 340 proyectos de pequeña escala. Según un estudio realizado por ACODAL, en el valle de Aburra se generan aproximadamente 2.400 ton/día de Residuos Sólidos, sin incluir los escombros, de los cuales el 59% son residuos sólidos orgánicos domiciliarios putrescibles, lo que equivale a un aprovechamiento de 1.435 ton/día.

(ACODAL & Aburrá, 2013)

Países europeos como España, Alemania, Holanda, Suecia y Bélgica, reducen igualmente el impacto negativo de los residuos generados a través de la producción de abono orgánico y la generación de energía. Algunos de estos países realizan la recolección de todos los residuos orgánicos domiciliarios indistintamente su procedencia para ser llevados a plantas de compostaje, mientras que otros, con el fin de reducir la cantidad de residuos recolectados, han optado por el compostaje doméstico, logrando con estas iniciativas aprovechar el 96% de los residuos orgánicos que se generan en los hogares mientras el restante es depositado en rellenos sanitarios (European Environment Agency, 2007; Yate & Fuquene, 2017).

Por otra parte Egipto, tiene un amplio manejo respecto a la agricultura del suelo, ya que actualmente los habitantes de las laderas del río Nilo, utilizan los residuos orgánicos para iniciar el proceso de descomposición, y contribuir al aumento de la proporción de Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Manganeseo, aumentando las interacciones bacterianas y mejorando la fertilidad de las laderas del río Nilo. Es importante destacar que se considera

que los fertilizantes orgánicos que se generan en las laderas del río Nilo, contienen una gran proporción de antibióticos para las plantas, indispensables para aumentar el crecimiento y eliminar hongos que puedan ser perjudiciales en los cultivos. (Naym, 2015)

Actualmente, en Bogotá 6.500 toneladas diarias de residuos sólidos, son llevados al relleno sanitario de Doña Juana, sin embargo el 53% de estos residuos corresponde a residuos sólidos orgánicos putrescibles, que tienen un alto potencial para el aprovechamiento, mediante la implementación de diferentes tecnologías como: Compostaje, Lombricultura y Biodigestión.

Por esta razón dentro del marco de gestión integral de residuos sólidos, la Subdirección de Aprovechamiento de la UAESP y la Universidad Nacional de Colombia, promueven desde el año 2014, la Guía para el manejo de residuos sólidos orgánicos a pequeña y mediana escala, en zonas rurales, urbanas y periurbanas de Bogotá. (Cardenas, 2014). Sin embargo, es posible establecer que falta mayor acercamiento a las comunidades con el fin de darles a conocer la importancia que tiene el generar procesos de transformación de los residuos orgánicos putrescibles, y la vida útil de un relleno sanitario, ya que actualmente se observan casos como el del Relleno de doña Juana, cuya problemática de salubridad no ha podido ser controlado, lo cual genera proliferación de vectores, generación de enfermedades respiratorias en los habitantes de la zona, agotamiento del paisaje y finalmente un desaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, para generar biogás, o como fuente generadora de abono orgánico.

2. Planteamiento del problema

El proyecto se enfoca inicialmente en la inadecuada disposición de residuos sólidos de origen orgánico putrescible en un sector residencial como lo es el barrio Álamos 4° Sector, a partir de este, se realiza la identificación de causas y efectos, y se plantea un árbol de problemas, el cual se presenta en la Figura 2, posteriormente se formula como opción de tratamiento la generación de Bioabono, a través de la lombriz roja Californiana (*Eisenia Foetida*).

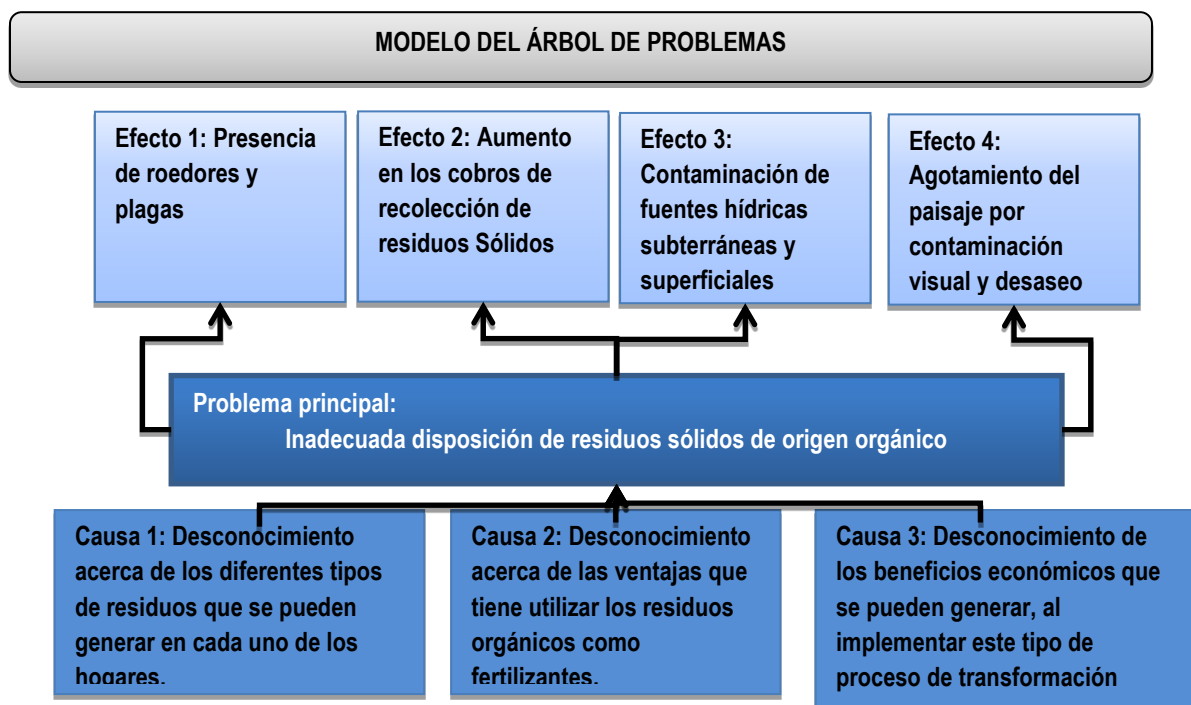


Figura 2 Árbol de problemas

En función del árbol de problemas se realiza la identificación de la producción de los RSD general, y la producción de RSD orgánicos por día, mes y año en la localidad de Engativá

para el año 2010, que presenta en la Tabla 4, de acuerdo con lo identificado por la UAESP.

Tabla 4. Producción de RSD en Engativá para el año 2010

	Diario	Mensual	Anual
Consumo de alimentos (Tn)	902,1	27.036	324.756
Producción de RSD general (Tn)	466,7	14.001	168.012
Producción de RSD orgánicos (Tn)	317,4	9.522	114.264

Teniendo en cuenta que la información de la Tabla 4 corresponde al año 2010, se realiza un cálculo del consumo de alimentos y producción de RSD aproximado para el año 2016, el cual se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Producción de RSD en Engativá para el año 2016

	Anual
Consumo de alimentos (Tn)	1.974.763,2
Producción de RSD general (Tn)	1.021.579,2
Producción de RSD orgánicos (Tn)	694.677,6

Según información suministrada por la UAESP, actualmente sólo existe una Fundación (FUNDASES) en la ciudad que realiza un proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios, considerados Residuos Sólidos Orgánicos de origen Putrescible. FUNDASES, emplea lombrices rojas californianas para el desarrollo de un huerto ecológico involucrando los residuos generados en las Plazas de mercado de Quirigua, y Las Ferias, pertenecientes a la localidad de Engativá.

La localidad de Engativá se ubica en la zona occidental de la ciudad de Bogotá, tiene una extensión de 3.556,30 hectáreas de las cuales aproximadamente el 76% corresponde a suelo urbano. Esta localidad se divide en 332 barrios organizados en 9 UPZ (Hospital

Engativá, 2014). Álamos 4° Sector es un barrio ubicado en la localidad 10 de Engativá, que cuenta con una densidad poblacional de 71 Casas, lo cual equivale a un promedio de 3 habitantes por casa. Los residuos domiciliarios generados en el barrio Álamos 4° Sector al igual que todos los residuos diferentes al de las plazas de mercado de la localidad de Engativá, aun cuando pueden ser aprovechados son enviados directamente al relleno sanitario Doña Juana sin previa cuantificación.

En función de lo anterior, es posible establecer que actualmente no se cuenta con planes piloto de aprovechamiento del 100% de los residuos sólidos orgánicos generados en la localidad de Engativá., evidenciando el desconocimiento actual de los bio tratamientos que pueden ser empleados para la transformación de los residuos sólidos orgánicos putrescibles.

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Evaluar el proceso de Bioabono obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios putrescibles, generados en el barrio 4° Sector de la localidad de Engativá

2.1.2. Específico

- Realizar un diagnóstico de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios putrescibles, de la comunidad del barrio álamos 4° sector.
- Diseñar un lombricultivo casero.
- Evaluar el impacto de la producción de Bioabono en la comunidad.

2.2. Metodología

La metodología propuesta para el aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios putrescibles, se basa en un diseño de tipo experimental, debido a que la aplicación de este permite contribuir con la solución de problemas, con el cual se busca estudiar los efectos que se puedan generar durante el desarrollo del mismo, y adicionalmente se plantea para ser ejecutado en cinco (5) fases, las cuales se describen en la Figura 3.

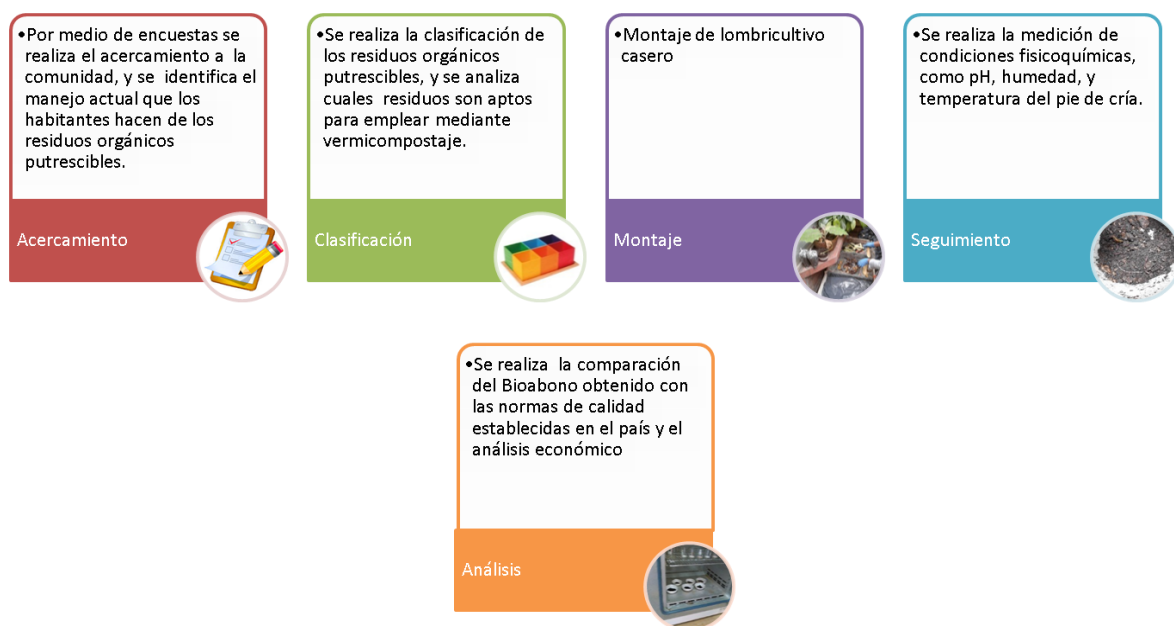


Figura 3. Metodología empleada

Fase Inicial: Se inicia la caracterización de residuos sólidos orgánicos domiciliarios putrescibles de la comunidad del barrio Álamos 4° Sector teniendo en cuenta que para el desarrollo de este proyecto se contará con la participación de 6 familias, cada una integrada por aproximadamente 3 o 4 habitantes. Con esto se pretende conocer la cantidad y tipos de residuos generados.

Técnicas de recolección de datos: Inicialmente para llevar a cabo la recolección de los residuos, se hace necesario llevar a cabo una encuesta tipo entrevista, en la cual se le

pregunta a algunos habitantes del barrio, sobre el conocimiento que tienen acerca de los tipos de transformación de residuos sólidos orgánicos putrescibles, tales como el lombricultivo, y su interés en participar en este proyecto.

Herramientas a utilizar: Como herramientas se emplean formatos de cuestionario y guías de entrevistas.

Recopilación de la información: Después de llevar a cabo este proceso de recolección de información en campo, se procede a la recopilación de todas las entrevistas y encuestas realizadas, posteriormente se observa cuantos habitantes estarían dispuestos a participar en el proyecto, y que cantidad de personas tienen conocimiento acerca de la transformación de residuos sólidos orgánicos putrescibles, mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*).

Análisis de Información: Después de mirar la aceptación por parte de la comunidad con respecto al proyecto, se realiza la tabulación de la información y se hace un análisis estadístico comparativo en el cual se evalúen otros Bioabonos presentes en el mercado, con las condiciones fisicoquímicas que estarán presentes, en este Bioabono de origen casero y con participación comunitaria.

Fase Acondicionamiento: Se clasificarán los residuos orgánicos putrescibles aptos para la generación de Bioabono. Se determinarán los pre-tratamientos requeridos, tales como, reducción de tamaño de partícula, premezclado de componentes según sus propiedades ácidas con el fin de reducir posibles problemas de acidez en el suelo.

Posteriormente se definirá como ubicación para el diseño del lombricultivo, una terraza en la cual habita la estudiante del mencionado proyecto, por otra parte se realizará el cultivo

de lombrices teniendo en cuenta las condiciones óptimas requeridas por las lombrices para su crecimiento.

Una vez establecido el lugar a ubicar el cultivo, se diseñará la cama, para la cual inicialmente se coloca una capa de tierra negra sin abono, de aproximadamente 20 cm, seguido de esto, se coloca como pie de cría en las camas, una capa inicial de lombrices de aproximadamente 10-15 cm, una capa delgada del sustrato de aproximadamente 4 cm.

Finalmente, se colocará una segunda capa de tierra de 10 cm, y se humedecerá el sustrato.

Para generar el efecto invernadero requerido se tapará el Bioabono con plásticos de color negro, lo que permitirá mantener las condiciones de humedad del sustrato, y las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Fase Seguimiento: Inicialmente se alimentan las lombrices con una frecuencia de 8 días, y se realizará el respectivo volteo, revisando la humedad de la tierra y del sustrato. Además, se realiza medición de la temperatura y pH, mediante el empleo de tiras indicadoras de pH, y Termómetro digital con el cual se verifica el estado de maduración del Bioabono. La revisión y posterior volteo del lombricultivo se realizará con una frecuencia de aproximadamente 2 meses de esta forma se logra generar aireación en el interior del lombricultivo, para mantener las condiciones fisicoquímicas del suelo, y mantener las condiciones de temperatura y pH de las camas, para lograr una mayor eficiencia, en la reproducción de las lombrices, y en la generación del Bioabono.

Fase de Recolección: Una vez se evidencie la generación de Bioabono en las camas, se coloca una lona sobre el sustrato, y posteriormente se colocan más residuos orgánicos putrescibles, de esta forma se logra que las lombrices suban hasta ese nivel, y dejen el

Bioabono debajo de la lona para su recolección, mediante esta técnica igualmente se facilita para retirar las lombrices, y extraer el Bioabono generado.

Finalmente, el Bioabono se recoge, se retiran las partes sólidas y las lombrices presentes, y se tamizan las muestras con el fin de identificar el Bioabono generado de los residuos orgánicos presentes y la tierra.

Fase Final: Se realiza una caracterización fisicoquímica de parámetros In Situ tales como pH, Temperatura, Humedad, y parámetros tales como Conductividad Eléctrica, Densidad Aparente, Determinación de textura y análisis de Nitrógeno Total, a fin de establecer si es apto para emplearse en jardinería. Para ello se verifica si durante la obtención del Bioabono, germinan algunas plantas de forma natural, y además si al momento de emplearse el Bioabono en la siembra de plantas, estas se desarrollan sin problema. (Campesinos, 2010)

Durante esta fase también se realizara la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio, con los límites establecidos por la norma técnica NTC 5167 de 2004, establecida por el ICA, para la comercialización de Bioabono en el Territorio Nacional. (ICONTEC, 2009)

3. Producción de Bioabono

3.1. Procedimiento experimental

3.1.1. Caracterización y cuantificación de residuos

La caracterización y cuantificación de los residuos generados en Álamos 4° sector se realizó inicialmente mediante una encuesta de acercamiento a la comunidad, con el fin de establecer el conocimiento que tienen frente a temas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y obtener una aproximación de las cantidades de residuos generados en las unidades habitacionales del sector.

En Álamos 4° Sector, hay aproximadamente 210 habitantes, sin embargo esta información no tiene soporte técnico, ya que fue obtenida en campo, debido a que la Alcaldía Local de Engativá no cuenta con la información precisa del sector. Considerando una población de 210 habitantes se estableció un muestreo no aleatorio de conveniencia a partir del cual se realizaron 21 encuestas a personas, hombres y mujeres mayores de edad, representando el 10% de la población total del sector.

Las encuestas fueron realizadas únicamente a personas mayores de edad, debido a su potencial interés en el tema y que de iniciar procesos de separación y recolección in situ de los residuos orgánicos generados podrían involucrar e incentivar positivamente en su núcleo familiar.

La encuesta diseñada contempla preguntas cerradas de respuesta afirmativa o negativa y preguntas abiertas de respuesta corta, las cuales se presentan a continuación, el Anexo A presenta el formato empleado:

- ¿Sabe usted que son los residuos orgánicos?
- ¿Conoce usted cómo se deben separar los residuos sólidos?
- ¿Actualmente, usted consume frutas, verduras y legumbres en su hogar?
- ¿Aproximadamente cuántas libras de frutas, verduras o legumbres consume durante una semana?
- ¿Qué uso le da usted a los residuos orgánicos de su hogar?
- ¿Sabe usted que es el Bioabono?
- ¿Tiene conocimiento acerca de los planes de agricultura urbana que actualmente existen en la localidad de Engativá?
- ¿Le gustaría participar de un proyecto en el cual se le da una disposición diferente al relleno sanitario a los residuos orgánicos generados en su hogar?
- ¿Por último díganos que cantidad de habitantes hay en su casa o apto?

Con base en la encuesta realizada se definen seis unidades habitacionales interesadas en trabajar en el proyecto y se inicia la recolección de los residuos. Para posteriormente, emplear un método de cuarteo y determinar la cantidad de residuos generados en el sector por semana.

3.1.2. Estudio del proceso de lombricultivo

Infraestructura del lombricultivo: La lombriz roja Californiana se puede criar en cualquier tipo de espacio, siempre y cuando se encuentre protegido de la luz, y este debidamente

delimitado. En el caso del proyecto en mención, el lombricultivo inicial, fue establecido en un tanque de polietileno, el cual cuenta con 50 galones de capacidad, allí las lombrices se encontraban protegidas de la luz, aves, insectos y la presencia excesiva de humedad.

Ubicación interna del lombricultivo: El lombricultivo está ubicado en un patio interno, se compone de tres camas de madera, las cuales están protegidas con plásticos negros y una tapa de madera. El patio se encuentra protegido con tejas plásticas para garantizar un proceso continuo de condensación, lo cual permite que los residuos siempre estén humedecidos.

Diseño experimental: El objetivo es estudiar la producción de Bioabono a partir de residuos orgánicos domiciliarios putrescibles, y evaluar el rendimiento del proceso. Para esto se evalúa el tipo de sustrato empleado.

Este proceso inicia con un pie de cría de lombrices empleando aproximadamente 1 kilo de lombrices rojas californianas, utilizadas para verificar la aceptación al sustrato suministrado. En esta etapa igualmente se experimenta con algunos residuos que presentan propiedades extremas y se determina si pueden ser empleadas en el proceso de vermicompostaje, y las implicaciones que tendría en el rendimiento del proceso.

Posteriormente a la siembra de las lombrices, y pasados 6 meses de llevar el control del lombricultivo, se le suministró 6 kg de cáscara de naranja, para su descomposición, pero los ácidos presentes en la descomposición de la naranja, hacen que el pH se aumente a 9,5 unidades, generando un exceso de lixiviados, lo cual alteró igualmente el porcentaje de humedad y las mayoría de lombrices finalmente murieron.

Sin embargo, después de este evento se evidencian 12 lombrices en la parte externa del tanque, y con estas se genera la inoculación, la cual consiste en hacer la siembra de lombrices, en un medio totalmente diferente, en el cual se utilizó tierra negra, y se empleó como sustrato cáscaras de papa y de yuca, con el fin de garantizar un medio de cultivo neutro, y sin la presencia de ácidos o de lixiviados.

Con este nuevo pie de cría se evidencia un aumento de la población de lombrices, por lo cual se crean dos (2) camas diferentes a este, empleando como sustrato los residuos orgánicos que según el cuarteo son los más generados en el sector mezclados con un porcentaje bajo de otros residuos, eliminando los sustratos de naranja y limón que afectaron el pie de cría inicial.

Comportamiento poblacional: Teniendo como referencia el comportamiento poblacional del pie de cría, se calcula el crecimiento poblacional de las dos camas diseñadas siguiendo la ecuación 1, a fin de establecer si los residuos empleados afectan de alguna forma el crecimiento de las lombrices.

$$P(t) = P(t_0) \times 2^{t/90} \quad Ec. 1$$

Donde

$P(t)$ = Población total

$P(t_0)$ = Población inicial

$t/90$ = tiempo empleado en el lombricultivo, sobre la producción de nuevas lombrices.

Además de esto la ecuación para calcular el promedio de lombrices presentes en el lombricultivo se presenta a continuación:

$$\text{kg humus} * \left(\frac{\text{Número de lombrices}}{1 \text{kg humus}} \right) = \text{Promedio de lombrices/kg}$$

Rendimiento del lombricultivo: para su cálculo es necesario tener en cuenta la materia prima inicial y materia prima final. De esta forma se realiza un balance de masa, aplicando la ecuación 2.

$$\% \text{ rendimiento del lombricultivo} = \left(\frac{\text{Producto final kg}}{\text{materia prima inicial kg}} * 100 \right) \quad \text{Ec. 2}$$

3.1.3. Caracterización del abono orgánico

pH: La medición del pH se realizó empleando un potenciómetro HANNA Instruments, microprocessor pH meter, empleando buffer de 4 y 7, siguiendo el procedimiento descrito en el método ASTM D4972-01 (2007).

pH In Situ: La medición de pH se realizó utilizando una caja de tiras indicadoras de pH, marca Macherey Nagel, capaces de indicar el pH en un rango de 0-14 unidades.

Contenido de humedad: El contenido de humedad del abono se midió en un horno marca Furnace 48000 (Barnstead International, Estados Unidos), capaz de controlar $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Standar method ASTM D 2216-10.

Temperatura: La temperatura del abono en el laboratorio se midió, con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments 211 (Estados Unidos), con un nivel de precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Temperatura In Situ: La temperatura del abono In Situ se midió con un equipo termómetro digital de punzón para alimentos 0131, capaz de controlar -50°C; +300°C, con un porcentaje de error de $\pm 1^\circ\text{C}/^\circ\text{F}$

Densidad Aparente: El contenido de densidad aparente del abono se calculó siguiendo el método de excavación definido por (Garcia), que emplea la ecuación 3.

$$Dap = \frac{\text{Peso de suelo seco (gramos)}}{\text{Volumen total (cm}^3\text{)}} \quad \text{Ec. 3}$$

Conductividad Eléctrica: La conductividad eléctrica se determinó empleando un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments 211 (Estados Unidos) con un nivel de precisión de ± 1 (20°), siguiendo el procedimiento descrito en la norma NOM-021-RECNAT-2000, para determinación de conductividad eléctrica en suelos.

Determinación de textura por sedimentación: El procedimiento efectuado para la determinación de textura se realizó siguiendo el procedimiento establecido por García, para el análisis en suelos (García, 2011). En dicho procedimiento se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Se pesan 150 gr de suelo y se mezclan con 100 ml de agua.
- La mezcla se coloca en una parrilla de calentamiento.
- Se añaden 50 ml de peróxido de Hidrogeno
- Se calienta hasta quemar la materia orgánica durante 5 minutos.
- Se retira la mezcla, y se agrega a una probeta
- Se adiciona agua hasta alcanzar 450 ml y se deja sedimentar durante una hora.

- Finalmente se mide la distribución de arena, limo y arcilla de acuerdo con el triángulo de textura presentado en el Anexo B.

Determinación de Nitrógeno Total: El método empleado fue SM4500NorgC SM4500NH3-C, este tipo de análisis fue realizado por el laboratorio CIAN LTDA, y los resultados se encuentran en el anexo D.

3.2. Resultados y discusión

3.2.1. Acercamiento a la comunidad

De acuerdo con las encuestas realizadas a la comunidad de Álamos 4° Sector, es posible establecer que todos los encuestados tienen conocimientos sobre la definición de residuos orgánicos y la forma de separación de los residuos sólidos domiciliarios, manifestando que su conocimiento se debe principalmente a programas de televisión. De igual forma los encuestados indicaron que consumen frutas, verduras y legumbres en su hogar, y conocen que a partir de estos es posible obtener Bioabono. En contra parte, ninguno de los encuestados manifestó tener conocimiento alguno sobre los planes de agricultura urbana existentes en la localidad.

La Figura 4 presenta los resultados obtenidos acerca de *¿Cuántos kilos de frutas, verduras o legumbres consume durante una semana?*, en esta es posible observar que la mayoría de hogares genera residuos orgánicos de este tipo de 1 a 2 kilogramos por semana.

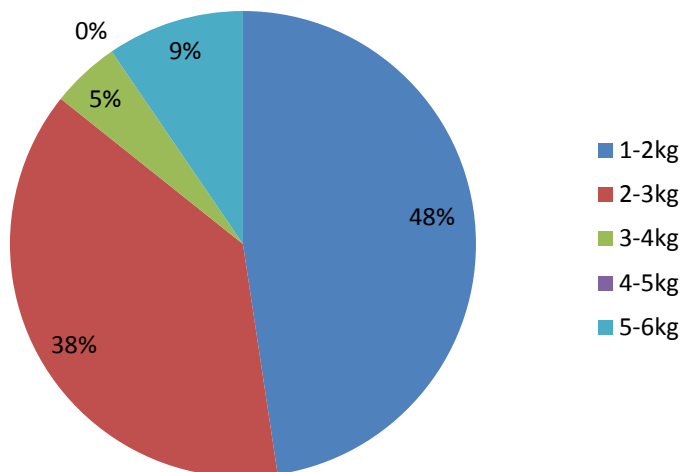


Figura 4. Cantidad de residuos generados por semana

La encuesta además de pretender obtener un aproximado de la cantidad residuos domiciliarios de origen vegetal proyectaba establecer si los hogares del sector hacían algún uso o tratamiento a estos residuos aprovechables, cuyos resultados se presentan en la Figura 5, evidenciando que el 90% de las personas tienen como único medio de disposición de sus residuos tanto orgánicos como inorgánicos el envío a relleno sanitario y sólo un 10% realiza abono en casa.

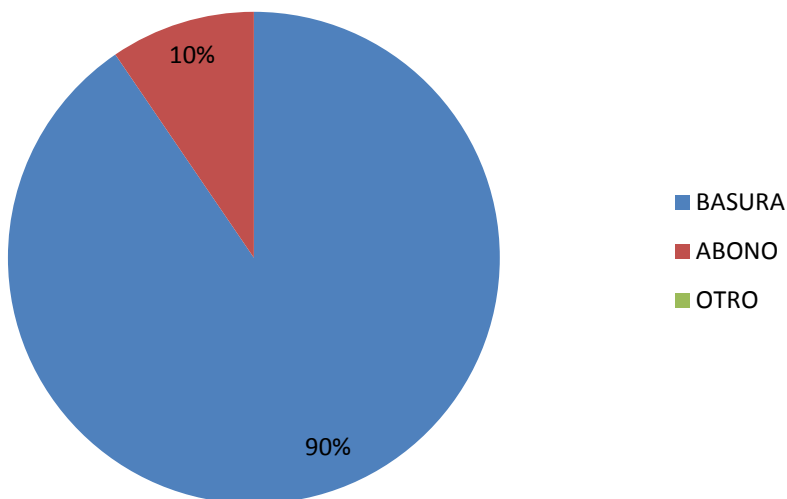


Figura 5 Tipo de disposición dada a los residuos orgánicos

En línea con estos resultados era importante identificar la cantidad de habitantes por unidad habitacional, obteniendo que en el sector habitan máximo 6 personas, y mínimo 2 por casa o apartamento, como se presenta en la Figura 6.

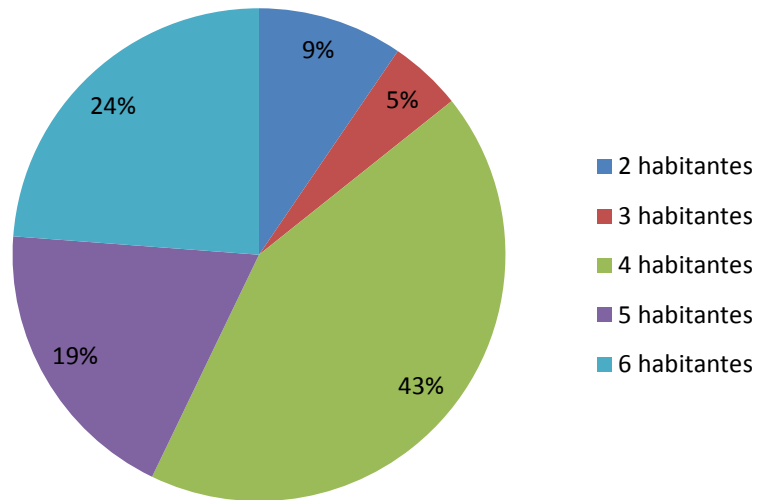


Figura 6. Habitantes por hogar encuestado

Finalmente, a la pregunta realizada de *¿Le gustaría participar de un proyecto, en el cual se le dé una disposición final diferente a los residuos orgánicos?*, como se puede observar en la Figura 7, la mayoría de los encuestados manifiestan su interés en formar parte de actividades relacionadas con el uso final de los residuos generados en su hogar, sin embargo casi la mitad de estos indican que no disponen de tiempo para realizar las actividades de separación requeridas, por lo que prefieren hacer la disposición en relleno sanitario. Mientras que el 38% de los encuestados indicaron que no desearían participar de proyectos de ese tipo.



Figura 7. Intención de participar en proyectos de disposición final de residuos

De acuerdo con las gráficas anteriores, se puede analizar que la cantidad de habitantes por hogar, influye directamente en la generación de residuos sólidos domésticos putrescibles, por lo cual se puede pensar que si se lograra trabajar con una población más numerosa, se podría acoger la comunidad a la opción de tarifa multiusuario, la cual consiste en hacer un aforo a la unidad residencial y dependiendo de la cantidad de residuos que se generen, se le asigna una tarifa a cada miembro del multiusuario. De esta forma se lograrían beneficios al ambiente, y un beneficio tarifario a la comunidad. (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico-CRA, 2002)

3.2.2. Composición de los residuos sólidos domiciliarios

La composición de los residuos se realizó en el primer mes del proyecto empleando el método de cuarteo, el cual consistió en seleccionar aleatoriamente tres bolsas de basura de 5kg cada una, y depositar los residuos encima de un plástico, para poder hacer la identificación de los residuos que estaban presentes en dicha muestra, obteniendo tres grupos de residuos principalmente:

Plástico: Corresponde a empaques plásticos impregnados de alimentos (tales como papas fritas, doritos, empaques de crema sopera, empaques de arroz y espagueti). De igual forma se encontraron bolsas pertenecientes a almacenes de cadena empleados para empaclar, las bolsas en su mayoría eran de supermercados cercanos al sector como lo son: Jumbo, Éxito, Carulla, Surtimax, entre otras. Y botellas plásticas de gaseosas, jugos, agua y té.

Papel: Se encontró papel higiénico en su gran mayoría, papel blanco de impresión, periódico, revistas, y papeles con algún tipo de impresión en las dos caras de la hoja.

Residuos orgánicos: Los principales residuos orgánicos putrescibles, que se identificaron durante el cuarteo fueron residuos de frutas tales como guayaba, naranja, feijoa, tomate de árbol, maracuyá. También se encontraron residuos de verduras, cáscaras de papa, cáscaras de plátano, aguacate, tomate de ensalada entre otros.

En la Figura 8 se presenta la cantidad en porcentaje de residuos obtenidos después de realizado el muestreo, los datos allí reportados corresponden al promedio de tres cuarteos.

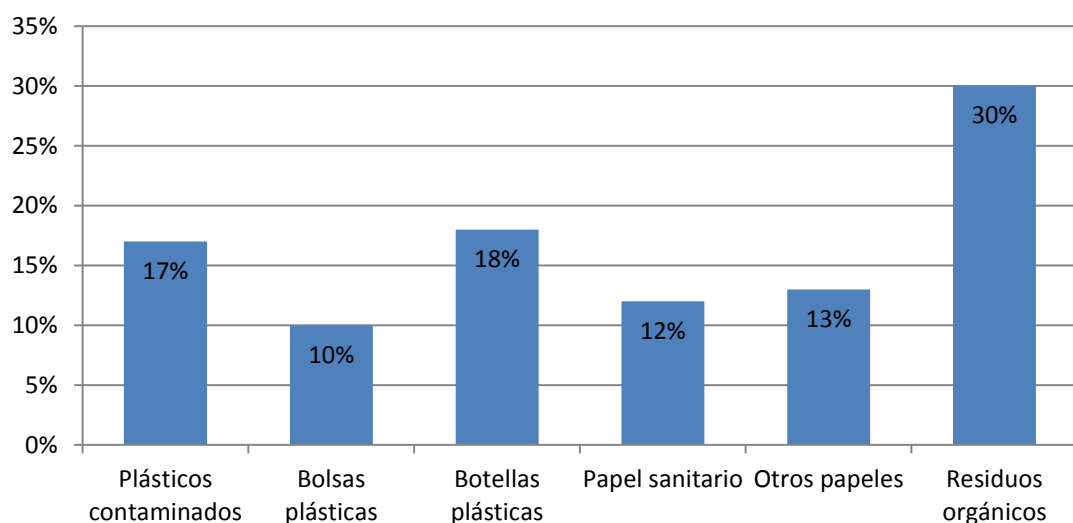


Figura 8. Composición de residuos domiciliarios de Álamos 4º Sector

La mayor cantidad de residuos encontrados en el barrio Álamos 4° Sector fueron plásticos, llegando a ser un 44% aproximadamente del total de los residuos enviados a relleno sanitario. Seguido de este se tiene un 30% de residuos de origen orgánico putrescibles.

3.2.3. Efecto del tipo de residuo en el lombricultivo

Durante la fase experimental como fue indicado en la sección 3.1.2 se llevó a cabo una prueba sobre el pie de cría, al que se le agregó 6 kilogramos de cáscaras de frutas cítricas, tales como naranja y limón, a un recipiente que contenía 3 kilogramos de humus, y aproximadamente 6.000 lombrices, esto se realizó debido a que la población de lombrices era 3 veces mayor a la cantidad inicial, y se pretendía analizar el tiempo que demorarían dichas lombrices en descomponer los residuos cítricos, sin embargo, al día siguiente se realizó el respectivo control de la temperatura, la humedad y se observó que la mayoría de lombrices presentes en esos 3 kilogramos de humus habían muerto, por lo tanto se asumió que el suelo se había vuelto ácido, debido a la cantidad de cáscaras de naranja y de limón suministradas y considerando que en la literatura éstas cuentan con un pH promedio de 2.5. En función de esto, se adicionó al medio óxido de calcio, buscando neutralizar el pH, posteriormente se analizan los respectivos parámetros fisicoquímicos, dando como resultado la información presentada en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de la cama con oxido de calcio

Fecha	pH (unidades)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
29/06/2016	9,5	20	95

Al día siguiente de adicionado el óxido de calcio se analizó nuevamente la muestra encontrando los datos de la Tabla 7.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de la cama neutralizada

Fecha	pH (unidades)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
30/06/2016	9,0	20	95

Dado que no se tomó el pH inicial no es posible establecer si el aumento del pH fue producto de la adición del óxido de calcio, sin embargo, la literatura indica que sustancias ácidas como lo son la naranja y el limón producen una liberación de bases y alto contenido de amoníaco debido a la descomposición natural de los ácidos orgánicos lo que trae consigo un aumento de pH (Taco, 2010). En este sentido, la adición de óxido de calcio no era el tratamiento adecuado, sino que era indispensable adicionar al medio azufre para lograr la neutralización del medio.

Con respecto a la muerte de las lombrices, se puede mencionar que los residuos cítricos en altas proporciones tales como la pulpa de naranja, cuentan con un pH inicial de 2 a 2.5, lo cual no permite el desarrollo de las lombrices sino hasta 2 o 3 semanas después, momento en que el pH sea naturalmente regulado. Por otra parte, desde un enfoque más práctico, se le puede crear a las lombrices un espacio donde ellas puedan refugiarse hasta que el material este completamente descompuesto, o se puede realizar un pre-compost antes de agregar el material al espacio donde están ubicadas las lombrices. (Taco, 2010)

Finalmente, fue necesario extraer las 12 lombrices que se encontraron vivas en las paredes exteriores de la cama, estas se llevaron a un recipiente totalmente limpio, y se realizó el cambio del sustrato, adicionándole únicamente cáscaras de papa, y de yuca, para facilitar el crecimiento de las lombrices, debido a la presencia de glucosa en dichos residuos.

La Tabla 8, presenta los controles fisicoquímicos del Bioabono generado en el nuevo pie de cría, donde se evidencia que pasados 2 meses este tiene un porcentaje de humedad del 80%, según lo recomendado por el manual de lombricultura (Ferruzzi, 1986), el pH se encuentra en un promedio de 7.0 -7.5 unidades, lo cual nos indica que esta estable.

Tabla 8. Control de parámetros fisicoquímicos del pie de cría

Mes	pH Unidades	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Junio	8,5	20,0	80 **
Julio	7,5	20,2	80
Agosto	7,0	20,0	80
Septiembre	7,5	20,8	80
Octubre	7,0	21	80
Noviembre	7,5	20	80
Diciembre	7,5	22	80
Enero	7,0	23	80
Febrero	7,0	20,5	80
Marzo	7,0	23,3	80
Abril	7,5	20,4	80
Mayo	7,0	20,8	80

** Determinado mediante prueba de puño.

Una vez reestablecido el pie de cría (cama 1) se definió cambiar el sustrato de las camas a evaluar, y se optó por considerar los residuos orgánicos más generados en el sector, evitando manejar los residuos de naranja y de limón, quedando de la siguiente forma:

Cama 2: se diseñó con 20% residuos frutas (tales como tomate de árbol, papaya, guayaba, banano, mango), 40% verduras, y 40% residuos de papa, así: a una bolsa de 3 kg de residuos, se le realizó el proceso de selección, y se tomaban 1,2 kg de residuos de

verduras tales como lechuga, espinaca, tomate, zanahoria, 600 gr de residuos de frutas y 1,2 kg de cáscaras de papa, para poder hacer la respectiva comparación de datos.

Cama 3: se diseñó con 100% cáscaras de plátano, lo cual corresponde a 3 kg de cáscaras de plátano y banano depositadas en la respectiva cama.

3.2.4. Comportamiento poblacional del lombricultivo

Empleando la Ecuación 1 se determina el comportamiento poblacional del pie de cría después de doce (12) meses, y de las camas 2 y 3 después de once (11) meses. El total promedio de lombrices fue de 1.002. En la Tabla 9, se presenta el comportamiento poblacional por cama.

Tabla 9 Comportamiento poblacional del lombricultivo por cama.

Pie de cría-Cama 1		Cama 2		Cama 3	
P(To)	P(T)	P(To)	P(T)	P(To)	P(T)
12	304	20	254	35	444

Es posible corroborar que el comportamiento poblacional más alto se presenta en la cama 1 o pie de cría como era de esperarse. Sin embargo, no se evidencia diferencia entre los resultados obtenidos en la cama 2 y 3, cuyo incremento fue de 1170 y 1168%, respectivamente. Si se consideran los sustratos de cada cama, se podría establecer que el uso de diferentes frutas y verduras como sustrato tiene la misma influencia en las lombrices que el mono-sustrato de banano empleado en la cama 3.

3.2.5 Producción de Bioabono

Para determinar el rendimiento del humus en cada cama, se empleó la ecuación 2 presentada en el numeral 3.1.2, los resultados de cada cama se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Rendimiento del humus en cada cama

Cama	Materia Prima (kg)	Peso Final (kg)	Rendimiento del lombricultivo (%/mes)
1	0.2	8	285*
2	2.0	6.64	30.18**
3	2.0	11.68	53.09**

*Porcentaje de rendimiento del lombricultivo, establecido en 12 meses

**Porcentaje de rendimiento del lombricultivo, establecidos en 11 meses

De acuerdo a la tabla anterior se puede establecer que el sustrato y condiciones a las que se encontraba el pie de cría son aptas tanto para el crecimiento poblacional de las lombrices como para un alto rendimiento del lombricultivo, alcanzando 285%/mes de humus producido. Mientras que las camas 2 y 3, aun cuando fueron iniciadas con un remanente de Bioabono proveniente de la cama 1 reducen considerablemente su rendimiento, lo que implica que los sustratos empleados con menor contenido de almidón retardan tanto el crecimiento de las lombrices como la producción de humus, y se evidencia que la cama 2, cuyo sustrato contenía residuos de verduras y frutas es el que menor rendimiento del lombricultivo presenta.

3.2.5. Calidad del abono orgánico

La Figura 9, presenta las fotografías de cada cama estudiada. Una vez se observaba producción de humus en cada cama este era retirado, pesado y tamizado.

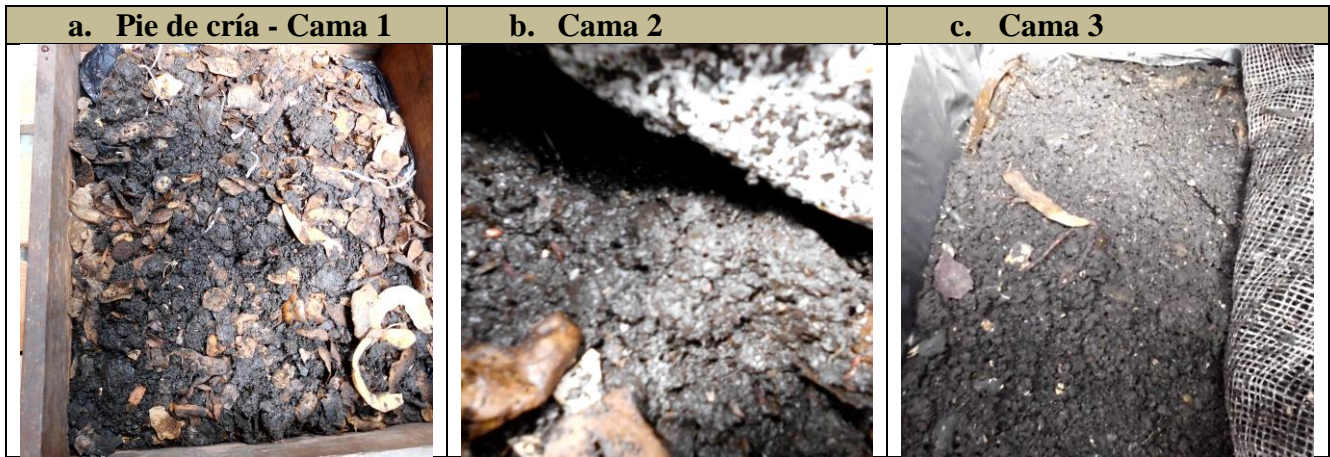


Figura 9. Fotografías de las camas

Para definir la calidad del abono orgánico, se realizó inicialmente un análisis *In Situ*, teniendo en cuenta parámetros como pH y Temperatura. Posteriormente se realizó un análisis fisicoquímico, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la norma técnica 5167 de 2004, y los respectivos límites para cada uno de ellos.

La Figura 10 muestra el comportamiento del pH en el lombricultivo durante 12 meses de seguimiento a las tres camas, a partir de esta es posible establecer que el pH se encuentra en un rango de 7 a 8,5 unidades, lo que permite un desarrollo óptimo de las lombrices.

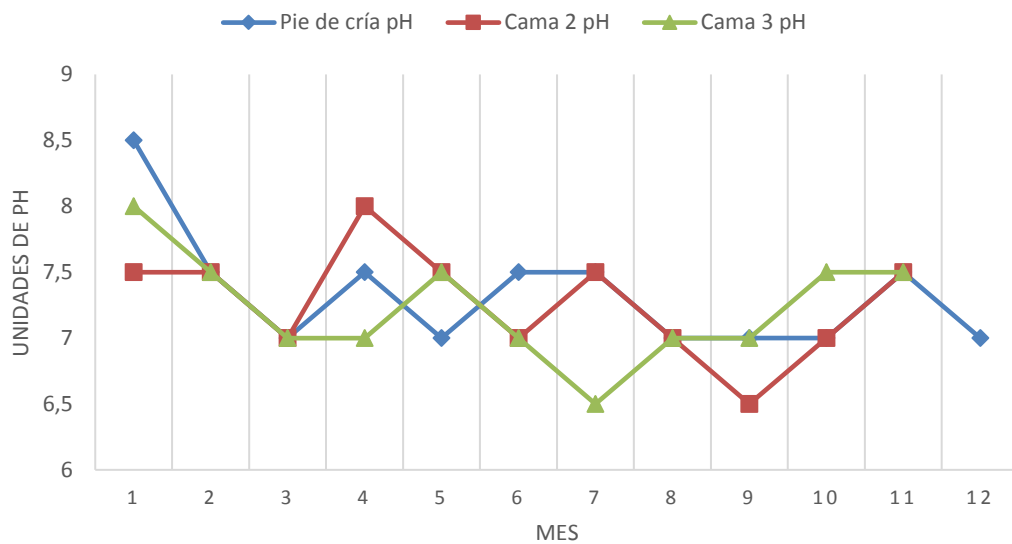


Figura 10. Comportamiento In Situ del pH del lombricultivo

Esta tendencia es igualmente reflejada en la temperatura promedio presentada en la Figura 11, donde se observa que la temperatura permaneció en un rango de 20 a 24°C, lo que igualmente favorece el crecimiento de la población de lombrices, para las tres camas.

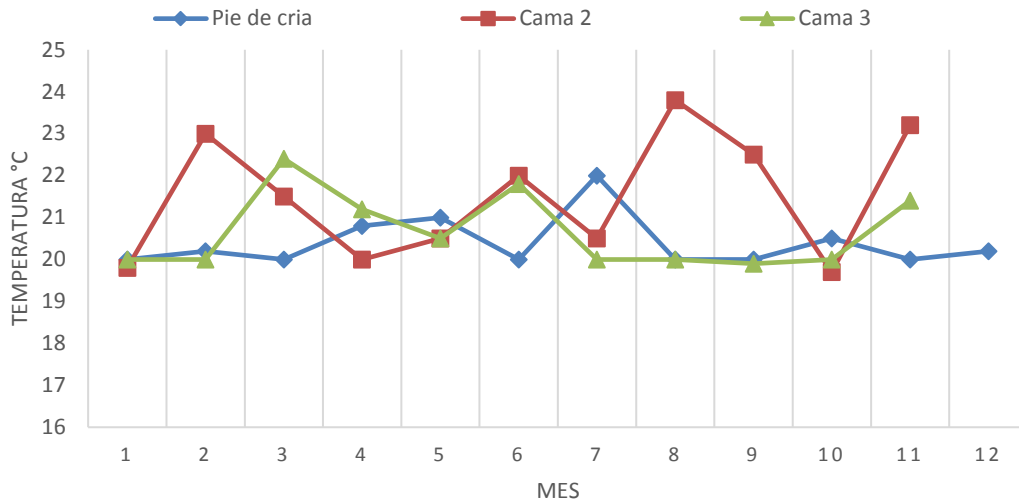


Figura 11. Comportamiento In Situ de la temperatura del lombricultivo

Posterior a los resultados In Situ, se analizan las características fisicoquímicas del abono orgánico obtenido empleando los métodos descritos en la sección 3.1.3. La tabla 10, presenta los resultados obtenidos en cada cama junto con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004- Productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abono o fertilizantes y enmiendas de suelos.

(ICONTEC, 2004)

Tabla 10. Resultados de laboratorio y comparación de la norma

Parámetro	Unidad	Pie de cría	Cama 2	Cama 3	NTC 5167 de 2004
PH	Unidades	7,18 ± 0,06	7,37 ± 0,02	7,51± 0,05	4,0 - 9,0
Temperatura	°C	20	-	-	-
Humedad	%	64,5 ± 6,56	78,8 ± 2,02	54,5± 2,02	35% Max

Parámetro	Unidad	Pie de cría	Cama 2	Cama 3	NTC 5167 de 2004
Textura	-	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	-
Densidad	gr/cm ³	0,60	0.79	0.54	0,6
C.E	milimhos/cm	2,77	3,43	2,77	Reportar
Nitrógeno Total ¹	%	2.6	2.0	1.8	Reportar si > 1%

De acuerdo con los resultados de laboratorio obtenidos es posible establecer que todas las camas cumplen con los parámetros de pH y densidad aparente solicitados por la norma.

Con respecto a la temperatura presente en las 3 camas, se observa que estas presentan valores estables de 20°C, si bien la norma no establece un rango para la temperatura, la literatura indica que ésta debe estar entre 20°C y 25°C, ya que valores por encima o por debajo de estos afectaría la vida de las lombrices, y por lo tanto la producción de Bioabono.

Al analizar la humedad, las tres camas se encuentran fuera de la norma para comercializar el producto como suplemento del suelo, por lo tanto se requeriría de una etapa de secado, antes de pasar por el proceso de empaque y venta. Siendo la cama 2, con contenido de frutas y verduras la que mayor humedad presenta.

La conductividad eléctrica, mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica, mediante el aprovechamiento de las sales durante la conducción de esta. Por lo tanto la conductividad eléctrica presente en las respectivas muestras, evidencian según los

¹ Según reporte de resultados del laboratorio CIAN LTDA, No. 000803

resultados de laboratorio, que el suelo es moderadamente salino, de acuerdo a lo establecido por (Agriculturers, 2017) y puede presentar un efecto sobre los cultivos sensibles; De acuerdo con (Agriculturers, 2017) eso el valor de conductividad eléctrica debería ser <1 , lo cual indica que el suelo está libre de sales, y no tiene restricción para ningún tipo de cultivo.

Los resultados de nitrógeno total para el pie de cría-cama 1 y la cama 2 son buenos para su uso en jardinería.

Finalmente se concluye que según los resultados de laboratorio realizados a las camas 1 y 2, estas presentan condiciones acordes a lo establecido en la NTC 5167 de 2004, sin embargo es preciso aclarar que respecto al porcentaje de humedad, el Bioabono generado en las 3 camas, debe ser pasado por un proceso de secado, para retirar el exceso de humedad que tiene, y así poder cumplir con los límites establecidos por la norma, en caso de querer ser comercializado más adelante.

4. Impacto en la comunidad

De acuerdo con el muestreo realizado el 30% de los residuos generados en el barrio Álamos 4° Sector corresponden a residuos orgánicos de cocina, mientras que el 70% restante corresponden en su gran mayoría a residuos de papel y plástico, limpios y contaminados, por lo tanto al hacer una proyección de los residuos sólidos generados en el barrio Álamos 4° sector, se puede establecer que el volumen total de residuos sólidos mensuales es de 355kg, y de ellos 106.5 kg corresponden a residuos sólidos orgánicos putrescibles.

De acuerdo con la información suministrada por Colviveros, existen en Colombia 5000 viveros que se dedican a la producción de plantas ornamentales y a la venta de abono orgánico y humus. Los principales compradores a nivel nacional de estos productos se presentan en la Figura 12.

Es preciso resaltar que la diferencia entre los productos que se comercializan a nivel nacional, radica en que el abono orgánico se produce por descomposición de residuos orgánicos y en algunas ocasiones es necesario incluir fertilizantes químicos para que aumenten los macro y micronutrientes, tales como el Nitrógeno Total, el Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio entre otros.

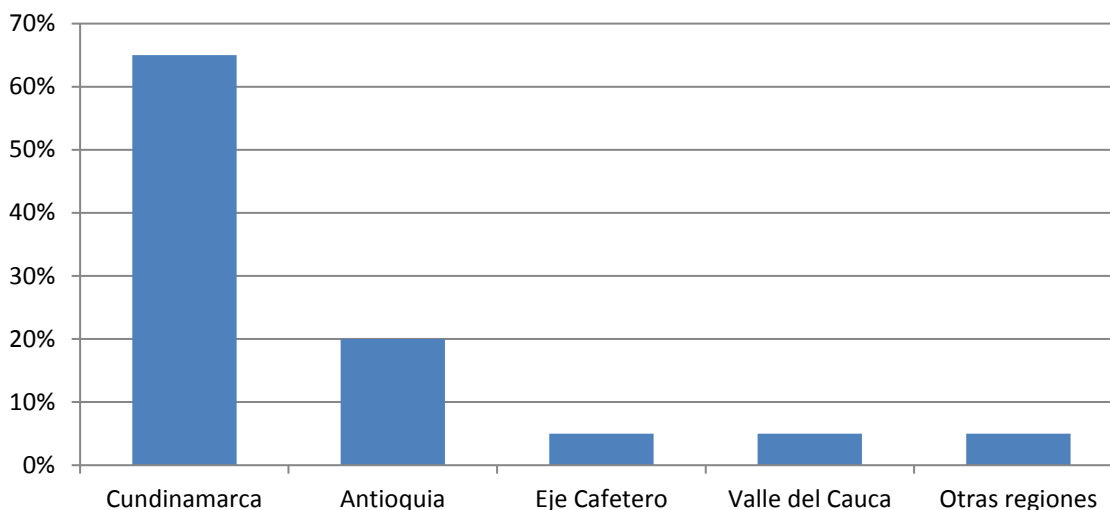


Figura 12. Principales compradores de humus a nivel nacional

Con respecto a la comercialización de las lombrices rojas californianas, Bioabono y otros insumos, se tuvo en cuenta que de los 3.250 viveros que se ubican en cercanías a la ciudad de Bogotá, actualmente existen dos empresas reconocidas legalmente que se dedican a la producción y comercialización de este tipo de insumos. Las empresas mencionadas, se relacionan en la tabla 14, junto al valor del producto (Colviveros, 2017).

Tabla 11. Valor del humus de empresas autorizadas en Cundinamarca

Empresa	Valor del producto
Lombricultura de Tenjo	Humus granulado \$2.000 kilo
	Humus granulado \$18.000 bulto
	Humus granulado \$360.000 tonelada
Lombricompost E.U.	Humus sólido granulado \$3.000 kilo
	Humus granulado \$45.000 bulto
	Humus granulado \$395.000 tonelada

En este sentido, la comercialización del humus obtenido tendría baja competencia en la zona. Pero es importante destacar que para aumentar la producción del humus y comercializar la cantidad no empleada en el barrio, se requerirán adecuaciones significativas e inversión, ya que este tipo de productos debe contar con análisis periódicos de laboratorio, y la certificación para la venta de Bioabono entregada por el ICA. La tabla 15, presenta los costos en los que se incurriría para obtener los permisos de comercialización del abono orgánico.

Tabla 12. Costos requeridos para obtener permisos de comercialización

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Análisis de laboratorio (Nitrógeno, Fosforo y Potasio, Sodio, Calcio, Magnesio, Zinc, Plomo, Cadmio, Cromo, Níquel, Arsénico, CRA, CIC, Humedad, pH, Conductividad, Carbono Orgánico, Cenizas, relación C/N, Densidad.)	3	\$645.717	\$1.937.151
Instrumentos para determinación de pH, Humedad y Temperatura	1	\$48.000	\$48.000
Adecuación de espacio según especificaciones del ICA	1	\$2.850.000	\$2.850.000
Costo de la certificación ante el ICA	1	\$550.000	\$550.000
Total			\$5.385.151

Si se considerara un valor promedio de venta de kilogramo de humus igual al de la empresa Lombricultura de Tenjo podría estimarse que sería necesario vender un promedio de 3000 kilogramos, para obtener un ingreso de \$6.000.000, y si se le resta el valor inicial de inversión, daría un ingreso neto de \$614.849 pesos, que no supliría los costos de operación, adecuación, empaque, logística, distribución, e instalaciones que no son tenidos en cuenta en este proyecto.

En función de esto, se informa a la comunidad con la que se ha trabajado en el proyecto (6 viviendas), sobre la calidad del humus y los costos que representaría obtener permisos de comercialización a fin de establecer si se genera interés en la comunidad, sin embargo, como era de esperarse la comunidad manifiesta que no está interesada en pagar ningún tipo de costo ya que su objetivo no es generar empresa, si no darle un manejo adecuado a los residuos sólidos orgánicos que se generan al interior de cada uno de los hogares.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- **Diagnóstico:** Después de realizar el muestreo de residuos sólidos, mediante cuarteo aleatorio, se concluye que aproximadamente el 30% de los residuos que se generan al interior de un hogar, corresponde a residuos de origen orgánico putrescible. Además de esto se concluye que el barrio puede generar mensualmente un promedio de 355kg, de los cuales se pueden aprovechar 106.5 kg que corresponden a residuos sólidos orgánicos putrescibles, de origen doméstico. Esto sin tener en cuenta que los residuos de plásticos y de papel pueden llegar igualmente a ser aprovechados.
- **Lombricultivo:** De acuerdo con el rendimiento del Bioabono, se puede concluir que el pie de cría-cama 1, tiene un porcentaje de rendimiento de 285% mensual. Con respecto a las camas 2 y 3, estas presentan un rendimiento considerablemente bajo, siendo 31,08% y el 53,09%, respectivamente. Lo que sugiere que los sustratos empleados afectan directamente el rendimiento del cultivo y el crecimiento poblacional.

- **Influencia en la comunidad:** De acuerdo con la participación activa de algunos habitantes de la comunidad del barrio Álamos 4° sector, se concluye que el manejo de residuos sólidos orgánicos putrescibles, debe involucrar al menos el 50% de la comunidad total para que realicen la respectiva separación en la fuente, puesto que de no ser así, sería necesario contratar personal externo, para que realice la selección, y separación en la fuente, de los 106.5 kg que se generan en la comunidad, antes de disponerlos en un lombricultivo a gran escala.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda también hacer una serie de pruebas con los residuos de la naranja, en los cuales se pueda identificar en que porcentaje se puede suministrar los residuos de naranja, y en qué porcentaje debe haber presencia de Bioabono, para que no altere el desarrollo de la lombriz roja californiana.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado más extenso, en el cual se pueda establecer la viabilidad económica del proyecto, y se tengan en cuenta otros aspectos correspondientes a la creación de una Empresa.

6. Bibliografía

ACODAL, & Aburrá, Á. M. (2013). Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de Sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. En *Manual de Compostaje* (págs. 6, 23). Medellín.

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2015). *El medio ambiente en Europa en 2015: El bienestar futuro depende de medidas más audaces en materia de política, conocimiento, inversión e innovación.*

Agriculturers. (01 de 03 de 2017). Obtenido de Importancia de la Conductividad eléctrica en suelos: <http://agriculturers.com/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos/>

Alcaldía mayor de Bogotá D.C. (2015). *Secretaría general de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62903>

Arancon, C. A. (s.f.). *Soil ecology laboratory, the Ohio state University.* Obtenido de The science of vermiculture, the use of earthworms in organic waste mangement: <http://urbanwormcompany.com/wp-content/uploads/2014/09/THE-SCIENCE-OF-VERMICULTURE-Edwards-Arancon.pdf>

Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (2002). *Los Fertilizantes y su uso*. Roma.

BID, AIDIS, & Salud., O. P. (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en america latina y el caribe 2010*.

Cajas, S. (2009). Efecto de la utilización de aserrín en combinación con bovino, como sustrato en la producción de humus de lombriz eisenia foetida. En E. s. chimborazo, *Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero zootécnico*. Chimborazo. Ecuador.

Campesinos, F. H. (2010). *Agricultura alternativa*. Bogotá D.C. Colombia.

Cardenas, B. E. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos, a través de metodologías de compostaje y lombricultura. En U. N. Colombia, A. m. Bogotá, & U. A. UAESP.. Bogotá.

Colomer, F. (2010). *Tratamiento de gestión de residuos sólidos*. México: Limusa: Universidad politécnica de Valencia.

Colviveros. (2017). *Hechos y datos del viverismo*.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico-CRA. (07 de 10 de 2002). Resolución 233 de 2002. *Opción tarifaria para los multiusuarios del servicio de aseo*. Bogotá, Colombia.

Crisóstomo, R. A. (2012). *Estudio de prefactibilidad técnico-económica del diseño de una planta de lombricultura en base a residuos orgánicos, para la producción de abono para la industria de viveros*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

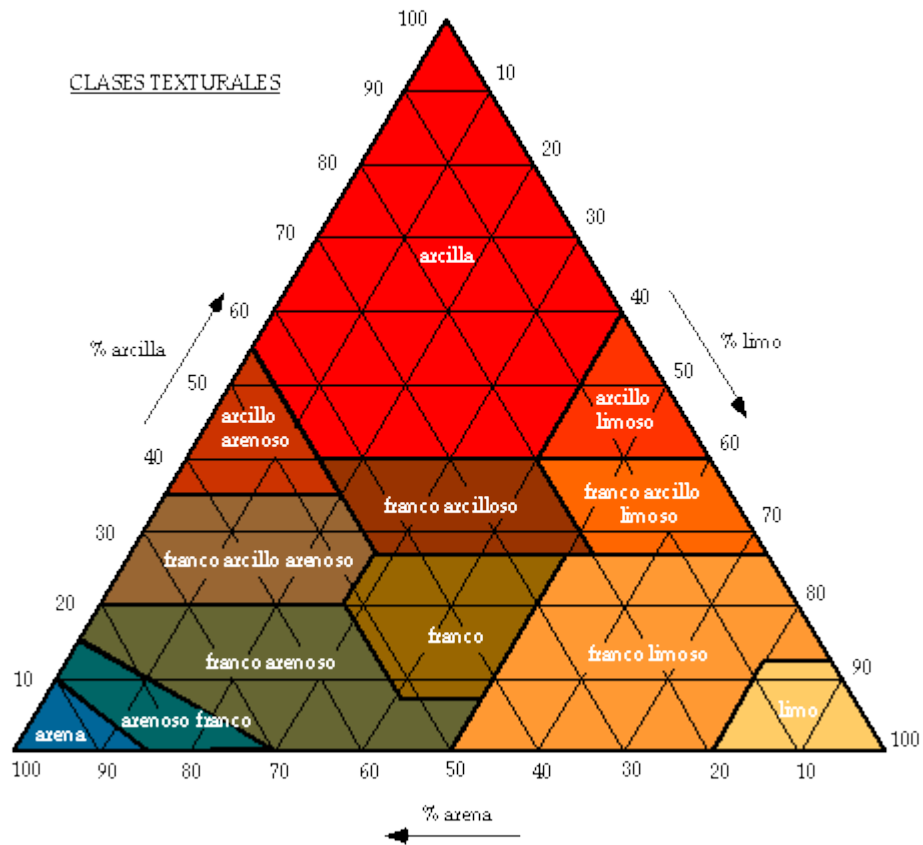
- European Environment Agency. (2007). El Medio Ambiente en Europa: Cuarta Evaluación. En *Consumo y producción sostenibles* (págs. 227-286).
- Ferruzzi, C. (1986). *Manual de lombricultura*. España: Mundi:Prensa.
- Fundación Natura-REPAMAR. (03 de 1998). *Evaluación de los proyectos de compostaje en Ecuador*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>
- García, I. A. (2011). Determinación de textura por sedimentación. En *Manual de prácticas de Edafología* (págs. 28-31). Chiapas, México.
- García, I. A. (s.f.). Determinación aparente por el método de excavación. En *Manual de prácticas de Edafología* (págs. 15-16). Chiapas, México.
- ICONTEC. (2004). NTC 5167 de 2004. *Productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abono, o fertilizantes y enmiendas de suelos*. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC, I. C. (2009). *Patente n° GTC24*. Colombia.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos orgánicos en Colombia*. Obtenido de Universidad de antioquia:
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Lombrimadrid. (2017). *lombrimadrid*. Obtenido de
<http://lombrimadrid.es/lombricultura/historia-de-la-lombricultura/>

- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo Territorial. (2009). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico y ambiental-RAS*. Bogotá. Obtenido de sitio web de metropol.gov.
- Naym, S. S. (2015). Gestión de la cultura pública y agricultura del suelo. En *Instituto de investigación del agua* (pág. 15). Alejandria, Egipto.
- Pacto Ambiental Rosario PAR. (2014). *Proceso participativo PAR*. Rosario, Argentina.
- Perdomo, I. A. (s.f.). Nitrógeno, área de suelos y aguas. Catedra de fertilidad. En U. d. republica. Montevideo-Uruguay.
- Sáez, A., Urdaneta, G., & Joheni, A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3):121-135.
- Suavis, M. M., & Salas, C. L. (2010). *Diseño y plan de gestión para el montaje de una planta compostaje, a partir de residuos orgánicos en el relleno sanitario La Paz, ubicado en el municipio de Turbana*. Cartagena de Indias.
- Taco, J. C. (2010). *Análisis de lombricompuestos a partir de diferentes sustratos*. Codazzi, Cesar.
- Yate, A., & Fuquene, D. (2017). Vermicompostaje en el manejo de los residuos sólidos urbanos. *Working papers*, 2: Disponible en:
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/issue/view/171>. Obtenido de Working papers UNAD:
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/issue/view/171>

Anexo A: Formato de encuesta

Nombre	Encuesta No.	
Dirección	Fecha	
Marque con una X según corresponda	SI	NO
¿Sabe usted que son los residuos orgánicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Conoce usted cómo se deben separar los residuos sólidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Actualmente, consume frutas, verduras y legumbres en su hogar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene conocimiento sobre que es el Bioabono?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene conocimiento acerca de los planes de agricultura urbana que actualmente existen en la localidad de Engativá?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Le gustaría participar de un proyecto en el cual se le da una disposición diferente al relleno sanitario a los residuos orgánicos generados en su hogar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A las siguientes preguntas de respuesta según corresponda		
¿Aproximadamente cuántas libras de frutas, verduras o legumbres consume durante una semana?		
¿Qué utilidad le da usted a los residuos orgánicos de su hogar?		
¿Por último díganos que cantidad de habitantes hay en su casa o apto?		
Paola A. Rivera Estudiante Ingeniería Ambiental – UNAD		

Anexo B: Triángulo de textura



Fuente: (García, 2011)

Anexo C. Fotografías del proceso

Primer pie de cría



Distribución de las tres camas



Muestra de residuos recolectados



Análisis de laboratorio



Bioabono



Germinación de semillas



Germinación de mango



Anexo D. Análisis de laboratorio

 CIAN LTDA. <small>CONSULTORÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES</small>	RESULTADOS DE LABORATORIO	Informe No. 000803
		Página 1 de 3

FECHA DE REPORTE:	2017/06/09	 IDEAM <small>INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y ESTADÍSTICAS AMBIENTALES</small> <small>LABORATORIO AUTORIZADO</small> <small>REGISTRO DEL INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y ESTADÍSTICAS AMBIENTALES</small> <small>REGISTRO NACIONAL DE LABORATORIOS</small> <small>REGISTRO DE CALIDAD</small>
EMPRESA:	PAOLA ANDREA RIVERA	
ATENCION:	ING. PAOLA ANDREA RIVERA	
DIRECCION:	Cr 95 No. 68-51	
TELEFONOS:	2232050	
No. DE MUESTRAS:	3	
FECHA DE RECEPCION:	2017/05/24	
FECHA DE ANALISIS:	2017/05/24 AL 2017/06/08	
PLAN DE MUESTREO CIAN No.:	N.A	
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:	N.A	
PROYECTO:	BIOABONO	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
MUESTRA No.	8656	1 - PIE DE CRIA	
Matriz	Suelo y sedimento	Municipio:	Bogota D. C.
Tipo de Muestreo:	Puntual	Departamento:	Cundinamarca
		Fecha de Toma:	2017/05/24
		Hora de Toma:	11:10
FÍSICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
NITROGENO TOTAL	%	SM 4500NorgC SM 4500NH3 - C	2.6

Observaciones : Ninguna

 MARCELA MONCGA - PQI 0028 DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO	Muestreo realizado por El cliente Resultados válidos únicamente para las muestra(s) analizada(s) Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación escrita de Cian Ltda.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LA-F-02 Rev.4 10/10/2015

Dirección: Cra. 72 A No 48-20. Bogotá, D.C.
 Teléfono: (57) 1 - 295 11 09 / 416 04 82
 www.cianltada.com



RESULTADOS DE LABORATORIO

Informe No. 000803

Pagina 2 de 3

FECHA DE REPORTE: 2017/06/09
EMPRESA: PAOLA ANDREA RIVERA
ATENCION: ING. PAOLA ANDREA RIVERA
DIRECCION: Cr 95 No. 68-51
TELEFONOS: 2232050
No. DE MUESTRAS: 3
FECHA DE RECEPCION: 2017/05/24
FECHA DE ANALISIS: 2017/05/24 AL 2017/06/08
PLAN DE MUESTREO CIAN No.: N.A
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A
PROYECTO: BIOABONO



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
MUESTRA No. 8657 2 - CAMA 2			
Matriz	Suelo y sedimento	Municipio: Bogota D. C.	Fecha de Toma: 2017/05/24
Tipo de Muestreo:	Puntual	Departamento: Cundinamarca	Hora de Toma: 11:12
FÍSICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
NITROGENO TOTAL	%	SM 4500NorgC SM 4500NH3 -C	2.0

Observaciones : Ninguna


 MARCELA MONOGA - PQI 0028
 DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATO

Muestreo realizado por El cliente
 Resultados válidos únicamente para las muestra(s) analizada(s)
 Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación escrita de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013

Dirección: Cra. 72 A No 48-20, Bogotá, D.C.
 Teléfono: (57) 1 - 295 11 09 / 416 04 82
 www.cianltida.com



RESULTADOS DE LABORATORIO

Informe No. 000803

Pagina 3 de 3

FECHA DE REPORTE: 2017/06/09
EMPRESA: PAOLA ANDREA RIVERA
ATENCION: ING. PAOLA ANDREA RIVERA
DIRECCION: Cr 95 No. 68-51
TELEFONOS: 2232050
No. DE MUESTRAS: 3
FECHA DE RECEPCION: 2017/05/24
FECHA DE ANALISIS: 2017/05/24 AL 2017/06/08
PLAN DE MUESTREO CIAN No.: N.A
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A
PROYECTO: BIOABONO



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
MUESTRA No. 8658 3 - CAMA 3			
Matriz	Suelo y sedimento	Municipio: Bogota D. C.	Fecha de Toma: 2017/05/24
Tipo de Muestreo: Puntual		Departamento: Cundinamarca	Hora de Toma: 11:14
FÍSICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
NITROGENO TOTAL	%	SM 4500NorgC SM 4500NH3 -C	1.8

Fin de Informe

Observaciones : Ninguna


 MARCELA MONOGA - PQI 0028
 DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por El cliente
 Resultados válidos unicamente para las muestra(s) analizada(s)
 Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación escrita de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013

Dirección: Cra. 72 A No 48-20, Bogotá, D.C.
 Teléfono: (57) 1 - 295 11 09 / 416 04 82
 www.cianltada.com