

**Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos por Medio del Vermicompostaje en el Barrio los
Alpes–Bogotá**

Edgar Leonardo Triana Márquez

Directora

Dennise Viviana Cortes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2023

Resumen

La alta generación de residuos sólidos representan un problema común en muchas partes del mundo, el no emplear un correcto método de manejo hace que sea una problemática de contaminación ambiental que afecta negativamente a muchas comunidades, dentro de la cual se encuentra la comunidad del barrio los Alpes en la localidad de san Cristóbal en Bogotá la cual se ve afectada por el incremento de la cantidad de residuos sólidos situados en puntos específicos del sector los cuales se han convertido en focos de contaminación.

Como a este tipo de residuos no se les brinda un correcto manejo la situación obliga a buscar soluciones técnicas entre las cuales existen algunas de gran complejidad y elevado costo. Pero también se encuentran aquellas alternativas de bajo costo, en las cuales se implementan sistemas biológicos de tratamiento; este es el caso del vermicompostaje un método eficaz donde se logran procesar los desechos orgánicos con ayuda de la lombriz roja californiana la cual gracias a sus capacidades biológicas logra convertir estos desechos en sustrato dentro de su proceso natural.

La implementación de un método de manejo de residuos sólidos orgánicos por medio de vermicomposteras en hogares del barrio Los Alpes permitió caracterizar y clasificar los residuos sólidos generados en este sector y usar los de tipo orgánico para la generación de abonos. Por medio de jornadas de capacitación basadas en teoría y práctica se brindó a la comunidad una solución sostenible que permitió manejar los residuos sólidos orgánicos provenientes de los domicilios, desechos que se producen en el consumo diario de alimentos como vegetales y frutas a los cuales no se les daba un correcto manejo y terminaban en el relleno sanitario de la ciudad.

El producto final cumplió las expectativas ya que la cantidad de sustrato total generado al finalizar el proyecto fue lo esperado cumpliendo con los objetivos planteados desde la propuesta

hasta su ejecución, demostrando que es posible implementar un sistema que aproveche este tipo de residuos y brindándole a la comunidad una solución económica y eficiente a esta problemática, mostrando ser un método sustentable ya que la inversión inicial fue mínima pero a mediano plazo genero rentabilidad al tener varios productos finales como lo es el sustrato y humus liquido usados como abono en producción vegetal y fertilización de suelos, también se obtuvo gran población de lombriz roja californiana para su venta ya sea como sepa para reproducción de la misma, carnada de pesca o complemento alimenticio.

Palabras claves: Sostenible, Manejo, Compostaje, Ambiental, Lombricultura

Abstract

The Excessive generation of solid waste represents a common problem in many parts of the world, Improper management makes it a community-wide environmental pollution problem, within which is the community of the neighborhood los Alpes in the town of San Cristóbal in Bogotá, which is affected by the increase in the amount of solid waste located in specific points in the sector, which are now contaminated areas.

As this type of waste is not properly managed, the situation forces us to seek technical solutions, among which there are some that are highly complex and costly. However, low-cost alternatives, such as biological treatment systems, exist; This is the case of vermicomposting, an effective method where organic waste is processed with the help of the Californian red worm, which, thanks to its biological capabilities, manages to convert this waste into a substrate within its natural process.

The implementation of a program for the management of organic solid waste through vermicomposters in homes in the Los Alpes neighborhood enabled the characterization and classification in this sector and to use the organic type for the generation of fertilizers. Through training sessions based on theory and practice, the community was provided with a sustainable solution that allowed it to manage organic solid waste from homes, waste that is produced in the daily consumption of food such as vegetables and fruits, which are not He gave them proper handling and they ended up in the city's sanitary landfill.

The final product met expectations since the amount of total substrate generated at the end of the project was what was expected, fulfilling the objectives set from the proposal to its execution, demonstrating that it is possible to implement a system that takes advantage of this type of waste and providing the community an economic and efficient solution to this problem,

demonstrating long-term sustainability despite minimal initial investment, with profitable outcomes in the medium term by having several final products such as the substrate and liquid humus used as fertilizer in plant production and fertilization of soils, the project also resulted in a large population of Californian red worms, which can be sold for reproduction, fishing bait, or as a food supplement.

Keywords: Sustainable, Management, Composting, Environmental, Vermiculture

Contenido

Introducción	8
Planteamiento del Problema	12
Justificación	15
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Conceptual y Teórico	18
Contaminación por Residuos Solidos	18
Impactos Ambientales Producto del Mal Manejo de Residuos Sólidos.	18
Recurso Hídrico	18
Recurso Atmosférico	19
Recurso Suelo	19
Recurso Paisajístico	20
Jerarquización de Residuos Solidos.....	20
Tecnologías Para el Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos:.....	21
Biodigestión.....	21
Biocombustibles.....	22
Compostaje.	22
Vermicompostaje.....	23
Implementación de Vermicomposteras en la Comunidad.	24

Beneficio Económico.....	24
Beneficio Ambiental.....	25
Metodología.....	26
Fase 1: Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Orgánicos.....	27
Fase 2: Jornadas de Capacitación por Medio de Talleres Enfocados al Uso e Implementación de Vermicomposteras a Partir de los Residuos Orgánicos.....	29
Fase 3: Implementación de Vermicomposteras: Materiales Empleados, Fabricación, Monitoreo de Factores Importantes, Tiempo de Proceso y Uso del Sustrato.....	30
Resultados.....	34
Fase 1: Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Orgánicos.....	34
Fase 2: Jornadas de Capacitación por Medio de Talleres Enfocados al Uso e Implementación de Vermicomposteras a Partir de los Residuos Orgánicos.....	39
Fase 3: Implementación de Vermicomposteras en Domicilios Barrio los Alpes.....	48
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	68
Bibliografía.....	70

Lista de Tablas

Tabla 1. Peso de cada residuo solido separado (muestra tomada).....	38
Tabla 2. Taller jornada 1 de capacitación	39
Tabla 3. Taller jornada 2 de capacitación	44
Tabla 4. Taller de fabricación de vermicomposteras.....	49
Tabla 5. Registro de toma de muestras de pH en vermicomposteras	54
Tabla 6. Registro de toma de muestras de temperatura en vermicomposteras.	56
Tabla 7. Registro de toma de muestras de humedad en vermicomposteras.....	58
Tabla 8. Acumulado total residuos sólidos orgánicos usados en las diez vermicomposteras.....	63
Tabla 9. Acumulado total de sustrato procesado por las diez vermicomposteras.	64

Lista de Figuras

Figura 1: Fases del diseño de vermicomposteras con la comunidad del barrio los Alpes.....	30
Figura 2: Toma de muestra de pH en vermicomposteras..	32
Figura 3: Toma de muestras de temperatura en vermicomposteras.....	33
Figura 4: Métodos de manejo de residuos conocidos por los entrevistados.	34
Figura 5: Porcentaje de entrevistados que conocen o desconocen los procesos de fabricación de abonos a base de residuos solidos orgánicos.	35
Figura 6: Porcentaje de entrevistados que conocen y desconocen el termino lombricultura o vermicompostaje.	36
Figura 7: Porcentaje de entrevistados que diferencia entre residuos solidos orgánicos e inorgánicos.	36
Figura 8: Jornadas de capacitación en la comunidad del barrio los Alpes.	43
Figura 9: Alimentación inicial de las vermicomposteras con residuos sólidos orgánicos seleccionados.	52
Figura 10: Lombriz roja californiana alimentándose.....	53
Figura 11: Avance del proceso de transformación de residuos sólidos a sustrato.....	60
Figura 12: Muestra del crecimiento, desarrollo y adaptación de la lombriz roja californiana.	60
Figura 13: Residuos solidos orgánicos procesados en su totalidad durante el cuarto mes de implementación de vermicomposteras.....	61
Figura 14: Finalización del proceso de compostaje, separación de la lombriz roja californiana del sustrato y secado posterior.	62

Introducción

En la actualidad la contaminación generada por el mal manejo de los residuos sólidos representa un problema ambiental que se ha convertido en uno de los temas de mayor relevancia debido a su acelerado aumento como consecuencia de actividades domésticas y procesos industriales, los cuales generan grandes cantidades de desechos sólidos que en su mayoría no cuentan con un correcto proceso de manejo, siendo el más habitual la recolección, transporte y disposición final en el relleno sanitario.

La ciudad de Bogotá genera 7.500 toneladas de residuos cada día de los cuales se logran aprovechar cerca de 1.200 toneladas (equivalentes al 16%), gracias a la consciencia ciudadana y la labor de más de 22 mil recicladores de oficio. (Malaver, J 2021).

Dentro de los residuos sólidos generados se encuentran tanto de tipo inorgánico como orgánico, estos últimos no cuentan con un manejo correcto pese a que por su composición son los de mayor potencial de aprovechamiento siempre y cuando se emplee la técnica de manejo correcta.

La búsqueda de soluciones, que permitan la recuperación de este tipo de residuos, así como su manejo constituye una prioridad para el desarrollo de estrategias de producción más limpia, desarrollo tecnológico y la salvaguarda del medio ambiente. Estas razones, entre otras, determinaron en la última década un auge significativo en la implementación de técnicas de manejo como la lombricultura, que favorecen la conversión de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en presencia de oxígeno (digestión aerobia), logrando productos con valor agregado en términos ecológicos y económicos como lo son los sustratos y abonos los cuales no requieren grandes inversiones ni espacios o infraestructuras para su desarrollo, esta alternativa contribuye en la disminución de los impactos ambientales negativos generados por el mal manejo de los

residuos sólidos los cuales al descomponerse generan gases que afectan la calidad del aire y al no tener un correcto manejo su acumulación produce alteraciones en las propiedades físicas y químicas de los suelos reduciendo su fertilidad y al mismo tiempo produciendo lixiviados los cuales se filtran llegando a contaminar fuentes hídricas subterráneas generando daños ambientales irreversibles.

Planteamiento del Problema

En la localidad de San Cristóbal “existe un desconocimiento de la comunidad en general frente a las potencialidades de la localidad en materia ambiental y por tanto hay indiferencia en lo referente a procesos que promuevan la cultura del ambiente sano en la localidad” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013, pág. 11) lo que se refleja en la situación que se presenta con relación al manejo de residuos, siendo una de las zonas con mayor concentración de residuos sólidos, lo que conlleva a generar problemas de índole social, cultural, ambiental y de salud pública. Donde Se encuentran puntos críticos que son “lugares en el espacio público, donde se ve afectado el concepto de área limpia de la zona urbana dentro de la localidad” (Alcaldía Local San Cristóbal, 2015, pág. 2).

Además, la empresa de servicio de aseo aguas de Bogotá ha identificado “39 puntos críticos georreferenciados en 27 barrios de la localidad en donde las causales principales son: indisciplina de los usuarios que genera un punto crítico de la mano de factores (industriales y construcción), disposición de escombros, llantas y residuos sólidos,” (Alcaldía Local San Cristóbal, 2015, pág. 2).

Dos de los 39 puntos críticos mencionados están situados en el barrio los Alpes perteneciente a la UPZ San Blas, ubicados en la Carrera 12 este con Calle 32b y Diagonal 32d sur con Calle 32b sur, en donde los residuos sólidos son arrojados en las calles, lotes baldíos, quebradas, plazas de mercado y establecimientos comerciales. La falta de conciencia ambiental de la comunidad y el difícil acceso de los carros de la empresa de aseo dificultan la recolección agravando esta problemática y generando deterioro de la malla verde, deterioro de los parques y zonas verdes (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013, pág. 15).

El Plan Institucional de Gestión Ambiental -PIGA de la Alcaldía Local de San Cristóbal

relaciona las causas y afectaciones a los componentes ambientales dentro de la localidad.

Identificando que en el factor suelo la acumulación de residuos sólidos representa una afectación grave. Del total de los residuos sólidos generados el 14% son orgánicos y no cuentan con un tratamiento específico (Plan institucional de gestión ambiental - PIGA- alcaldía local de san Cristóbal, 2021 pág. 25).

No existe intervención por parte de los organismos de control y simplemente la comunidad los ocupa con los residuos o escombros que desechan, además esta situación se presenta cuando los terrenos no están registrados ante las autoridades competentes, así mismo no se incluyen para la planeación de las ciudades y no hacen parte del perímetro urbano, todos estos factores generan los llamados focos de basuras, que atraen problemas sociales como son las enfermedades, las plagas, la delincuencia y adicional a esto la pérdida en la calidad humana, improductividad del suelo y fuentes hídricas cercanas.

La situación descrita obliga a buscar soluciones técnicas entre las cuales existen algunas de gran complejidad y elevado costo. Pero también se encuentran aquellas alternativas de bajo costo, en las cuales se implementan sistemas biológicos de tratamiento; este es el caso del compostaje y vermicompostaje (compostaje con lombrices), proceso que promueven la reducción de los volúmenes de basuras, específicamente residuos orgánicos, y al mismo tiempo contribuyen a mitigar la toxicidad y patogenicidad de los residuos sólidos generados.

El implementar este método de manejo de residuos sólidos orgánicos en el barrio los Alpes generaría un impacto ambiental positivo en el sector al reducir la cantidad de residuos sólidos generados en los hogares aprovechándolos en la generación de sustrato o abono el cual puede usarse dentro de las mismas zonas verdes del barrio, demostrando que es posible obtener excelentes resultados implementando esta alternativa económica y sustentable.

¿Qué impacto genera la implementación de vermicomposteras en la reducción de los residuos sólidos orgánicos desechados en los hogares del barrio Los Alpes?

Justificación

El mal manejo de los residuos sólidos es una problemática en crecimiento que afecta a muchas comunidades y se asocia a el crecimiento y malos hábitos de consumo de la población y también al aumento de los procesos industriales los cuales al año generan cantidades alarmantes de desechos que en su mayoría no cuentan con un correcto proceso de aprovechamiento y son desechados en los rellenos sanitarios convencionales.

En el relleno sanitario Doña Juana de Bogotá son enterradas diariamente 6.300 toneladas de residuos sólidos orgánicos (RSO), de las cuales el 53.22% corresponde a residuos orgánicos, los cuales tienen un alto potencial de aprovechamiento por medio de tecnologías como: compostaje, lombricultivo y biodigestión. Es en el marco de la gestión integral de residuos sólidos donde se determina la relevancia de los residuos sólidos orgánicos, pues son los de mayor generación por los distintos usuarios del servicio público de aseo, pero a su vez cuentan con un alto potencial de aprovechamiento. Pese a esto, el manejo que se le da a estos residuos consiste principalmente en su 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, que contribuyen a incrementar el efecto invernadero, así como lixiviados que generan contaminación del agua y el suelo; además se incurre en un gasto energético considerable para transportar estos residuos por largas distancias hasta el único relleno sanitario de la ciudad. (Alcaldía mayor de Bogotá 2019).

La localidad San Cristóbal y en particular el Barrio Los Alpes no son ajenos a esta problemática asociada al manejo inadecuado de los residuos sólidos, por esta razón y con el fin de generar un impacto positivo en este sector se propuso el desarrollo de este proyecto orientado

a la implementación de vermicomposteras con la comunidad del barrio Los Alpes con el fin de promover un modelo alternativo de manejo de residuos orgánicos y analizar su aplicación a nivel casero y comunitario, de esta manera se pretendió impulsar a los integrantes de la comunidad a tomar decisiones a nivel personal y comunitaria para aportar en la mitigación de esta problemática ambiental al disminuir la producción de residuos.

La tecnología del vermicompostaje, se basa en el hábito de alimentación detritívoro de algunas especies de lombrices (Annelida, Lumbricidae) entre las que destaca el género (*Eisenia*), organismos capaces de colonizar una gran variedad de sustratos orgánicos. Su acción sumada a la microbiana promueve una efectiva degradación de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos domésticos o domiciliarios e inclusive agroindustriales (Sainz et al 2000, Edwards & Bate 1992, Frederickson et al 1997, Nogales et al 1995).

Objetivos

Objetivo General

Implementar un método para el manejo de residuos sólidos orgánicos por medio de vermicomposteras en hogares del barrio Los Alpes – Bogotá D.C con el fin de fomentar la reducción de residuos sólidos generados y promover la cultura ambiental responsable de la comunidad.

Objetivos Específicos

Realizar la caracterización de los residuos orgánicos generados en el barrio Los Alpes para determinar la cantidad y tipo de residuos, generando una estrategia adecuada en el manejo de los residuos.

Realizar jornadas de capacitación a través de talleres enfocados en tecnología de vermicompostaje.

Implementar vermicomposteras dentro de los domicilios del barrio los Alpes para reducir la cantidad de residuos sólidos orgánicos que llegan al relleno sanitario.

Marco Conceptual y Teórico

Contaminación por Residuos Sólidos

En las ciudades la basura lleva siendo un problema casi desde el origen de éstas, debido a la alta densidad de población y al hecho de arrojar la basura a las calles. Esto ha producido la proliferación de insectos, roedores y microorganismos patógenos, trayendo como consecuencia enfermedades catastróficas para el hombre como la peste. Un mal sistema de gestión de las basuras, producirá un deterioro y depreciación del entorno debido a la contaminación del aire, del agua y del suelo. (Reyes, 2004, pág. 6).

La acumulación de residuos sólidos orgánicos es una de las problemáticas más frecuentes en las ciudades con alta densidad poblacional, además de esto se agrega la clase de población que habita y su nivel de cultura ciudadana, además no hay una conciencia ambiental por parte los habitantes del sector que se trata del conocimiento, la apropiación y el cuidado que tenemos con el medio ambiente en que vivimos, en este punto se entiende las consecuencias de los actos contra el medio ambiente, teniendo en cuenta que en la actualidad el problema de contaminación es uno de los más graves para el planeta, tanto es el daño que ya los estados están en alerta creando planes y proyectos que como consecuencia tengan crear conciencia ambiental y recuperación de los ecosistemas.

Impactos Ambientales Producto del Mal Manejo de Residuos Sólidos

Recurso Hídrico

Los cuerpos de agua afectados son las aguas superficiales como los ríos, lagos, lagunas, quebradas, océanos, nevados, glaciares; y las aguas subterráneas que son los manantiales y pozos, este tipo de contaminación se da por la descomposición de la materia orgánica a través de bacterias, microorganismos y oxígeno, provocada por la filtración en el suelo de los lixiviados,

ya que el suelo absorbe el líquido y esto lo arrastra hasta las fuentes de agua generando compuestos que la acidifican eliminando el oxígeno usado por las especies acuáticas y contaminando las aguas superficiales o de consumo humano causando problemas a la salud. También se pueden presentar problemas como el taponamiento y represamiento de caudales por la acumulación de residuos sólidos. Si hay una gran cantidad de residuos, los cauces se represan, generando inundaciones y afectación en su entorno (Chucos, A. 2020).

Recurso Atmosférico

Cuando los residuos sólidos se descomponen producen malos olores y gases, los más contaminantes son el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), que colaboran con el incremento del efecto invernadero. Ese proceso de descomposición se puede controlar con correctas prácticas de manejo de los residuos sólidos y puede ser mediante incineración técnica, disposición en rellenos o botaderos especializados y controlados. También los residuos al ser quemados de manera descontrolada son perjudiciales ya que los humos que se generan y el material particulado que es un conjunto de partículas suspendidas, estas afectan al sistema respiratorio humano y además colabora con el efecto invernadero y provoca otros efectos negativos. (Chucos, A. 2020).

Recurso Suelo

Este es el factor más afectado directamente por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, porque en este se disponen los mismo sin ningún tratamiento de aprovechamiento. La contaminación del suelo se produce a través de diferentes elementos, por ejemplo, el lixiviado penetra en el suelo afectando su productividad y destruyendo los microorganismos (invertebrados, bacterias, hongos, musgos, etc.) que viven en él provocando la pérdida de la productividad del suelo, lo que puede intensificar el proceso de desertificación del

suelo. Los residuos persistentes en el suelo impiden la restauración de plantas en las áreas afectadas y además puede ver presencia de plagas y animales (ratas, palomas, cucarachas, moscas y mosquitos) que causan enfermedades a las personas. (Chucos, A. 2020).

Recurso Paisajístico

Este es afectado por la imagen que tienen los botaderos, lo que puede ser responsabilidad de las autoridades o de las mismas personas por falta de cultura ambiental. La presencia de basura en lugares abiertos estropea el paisaje sea natural o urbanístico, esto afecta a la salud humana porque provoca estrés, dolor de cabeza, trastornos de atención, disminución de la eficiencia laboral, mal humor y otros problemas que afectan la calidad de vida. (Chucos, A. 2020).

Jerarquización de Residuos Sólidos

El manejo integral de los residuos comprende su generación, separación en la fuente, recolección, transferencia y transporte, aprovechamiento, tratamiento y su disposición final. Desde esta perspectiva, es relevante indicar un orden de preferencia de medidas conducentes a reducir y gestionar los residuos, lo que se conoce como jerarquía en la gestión de los residuos. Desde el punto de vista conceptual y para efectos de esta política, la jerarquía se presenta como una pirámide invertida. (Departamento nacional de planeación, documento CONPES, 2016, pág. 26).

La gestión de los residuos se realizará privilegiando las estrategias, primero, de prevención en la generación de residuos; seguidamente se fomentará la reutilización, el aprovechamiento, el tratamiento con fines de valorización y optimización de la operación de los rellenos sanitarios. Finalmente, para los residuos que no puedan ser aprovechados o valorizados,

se utilizarán sistemas de tratamiento para disminuir su cantidad y por último se debe garantizar la disposición final controlada.

El tratamiento en el manejo de los desechos sólidos orgánicos tiene como objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud. Entre las alternativas consideradas se debe optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas y socioeconómicas locales, sin dejar de analizar los aspectos de contaminación. Los principales métodos de tratamiento de basuras son: incineración, compostación y recuperación los cuales tienen como propósito reducir el volumen de los desechos. Sin embargo, se requiere de un relleno sanitario para disponer los residuos que se producen. (Departamento nacional de planeación, documento CONPES, 2016, pág. 26).

Tecnologías Para el Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos

Biodigestión

Es un proceso de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en el cual mediante el proceso natural de bacterias en ausencia de oxígeno se produce biogás con un alto poder calorífico considerado como una fuente de energía para realizar el proceso correctamente se usa un biodigestor que es un depósito que permite la fermentación de la materia orgánica de manera anaerobia produciendo biogás y estabilizando la materia procesada biológicamente (Monroy, 1977).

Para llevar a cabo esta clase de tratamiento los microorganismos biológicos son de importancia primordial, por necesitar de compuestos orgánicos como fuente de carbono y de energía. La fracción orgánica de los residuos sólidos contiene normalmente cantidades adecuadas de nutrientes (orgánicos e inorgánicos) para soportar la conversión biológica de los residuos (Pohland, 1987).

Bio Combustibles

Los biocombustibles son una fuente de progreso a nivel industrial y agrícola, y una opción energética de origen renovables y la reducción de gases efecto invernadero que se da por de la descomposición de para la valorización energética de residuos orgánicos en áreas despobladas, urbanas y agroindustriales desechos orgánicos la cual provoca que sea una prometedora opción para la suplencia de combustibles fósiles.

El proceso de obtención del biocombustible es la etapa de fermentación del alcohol, que es una reacción biológica que se lleva a cabo en ausencia de aire, que convierte los azúcares en alcohol (C_2H_6O) y dióxido de carbono (CO_2). El desarrollo de los combustibles fósiles es la base de la sociedad, siempre que sean fuentes de energía renovables obtenidas a partir de residuos orgánicos, lo que menciona al banano, fuente importante para la producción de bioetanol, por contener un alto contenido en carbohidratos. (Chávez, C. 2021).

Compostaje

El compostaje consiste en la transformación aerobia de la materia orgánica por parte de diferentes tipos de agentes microbianos como bacterias y hongos razón por la que es indispensable mencionar los factores físicos químicos y biológicos que influyen sobre sus metabolismos con el objetivo de acelerar la descomposición de residuos utilizados para la obtención de un producto estable de excelente calidad biológica y química, Así mismo se deben mencionar los riesgos ambientales que se pueden presentar durante el proceso, se destaca la generación de gases y lixiviados producto de microorganismos implicados en las diferentes fases o etapas del proceso y factores como temperatura, oxígeno, humedad, pH, tamaño de la partícula y relación carbono nitrógeno determinan la velocidad del proceso y las características físicas del compost. (Bohórquez, W. 2019).

Vermicompostaje

Es un proceso biotecnológico de bajo costo que permite biodegradar y estabilizar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas mediante la acción de ciertas especies de lombrices de tierra capaces de alimentarse del residuo a la vez que aceleran su degradación microbiana. Así en este proceso se aprovecha la capacidad detritívora de las lombrices, que ingieren, trituran y digieren el residuo orgánico, descomponiendo mediante la acción de sus enzimas digestivas y de la microflora aerobia y anaerobia presente en el interior de su intestino (Edwards, 1988).

En este proceso las lombrices son utilizadas con el fin de convertir los residuos sólidos orgánicos en vermicompost o humus de lombriz con características de gran valor agrícola en la fertilización de suelos y desarrollo de cultivos. En las líneas generales, las diferentes especies de lombrices involucradas en el proceso son capaces de ingerir al día cantidades de residuos equivalentes al 50- 100% de su propio peso, dependiendo del tipo de residuo y la especie de lombriz usada (Edwards y Bohlen 1996, Garg y Col, 2008; Riggle y Holmes, 1994).

Basado en el hábito de alimentación de algunas especies de lombrices (Annelida, Lumbricidae) entre las que destaca el género *Esenia*, organismos capaces de colonizar una gran variedad de sustratos orgánicos. Su acción sumada a la microbiana promueve una efectiva degradación de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos domésticos o domiciliarios e inclusive agroindustriales (Sainz H. 2000).

El vermicompostaje se ha utilizado para aprovechar las excretas de animales como sustrato para las lombrices y generar fertilizantes orgánicos, mejorar los suelos y estimular la producción de los cultivos (Morales et al., 2009; Nieto-Garibay et al., 2010; Carvajal y Mera, 2010).

La tecnología de vermicompostaje en la gestión de los residuos orgánicos convencionales y no convencionales, ha crecido considerablemente como resultado de grandes avances científicos en varias partes del mundo. Esta estrategia tiene la finalidad de aprovechar y reducir los volúmenes de residuos orgánicos, que generan problemas ambientales.

Implementación de Vermicomposteras en la Comunidad

Este tipo de alternativa de manejo ha demostrado su efectividad en la implementación de proyectos sociales que ha permitido recuperar espacios dándole un correcto tratamiento a los residuos orgánicos que normalmente terminan en el relleno sanitario sin ningún proceso de aprovechamiento, dichos proyectos se han implementado en escuelas , plazas de mercado , barrio y conjuntos residenciales donde los resultado obtenidos han demostrado que es una alternativa efectiva y económica con buenos resultados que lo sustentan.

Es posible la obtención de un producto estable usando la técnica de vermicompostaje al implementarla en la comunidad limitando la cantidad de desechos orgánicos que se envían semanalmente a los basureros. Estudios similares han demostrado su efectividad como el ejecutado por Charro (Charro, I. 2020) durante la evaluación de la eficiencia del vermicompostaje de desechos orgánicos en entornos educativos: caso colegio liceo Campoverde, realizo en quito, Ecuador en se comprobó una reducción en la cantidad de residuos orgánicos; en 72 días de experimento se aprovechó un total de 40 kg de residuos orgánicos, es decir que en un año escolar (185 días), se aprovecharían un total de 102 kg (Charro, I. 2020).

Beneficio Económico

Los fertilizantes naturales representan una gran participación debido a que, por ser más económicos frente a los fertilizantes químicos, su demanda ha crecido significativamente con el pasar de los años y las tendencias de ahorro y productos amigables del medio ambiente. Los

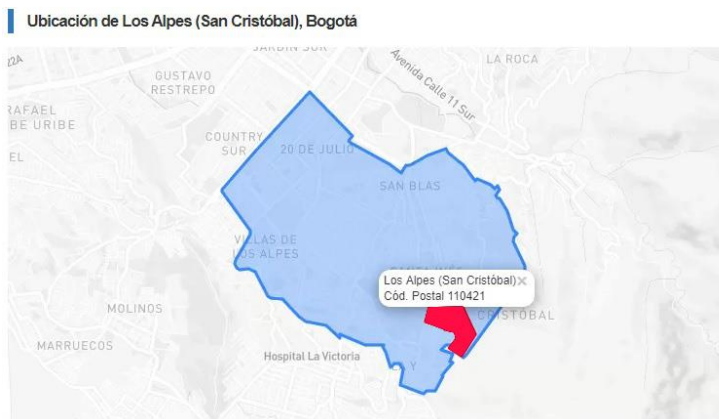
beneficios que pueden generar dichos fertilizantes naturales; como es el hecho que, al abonar y fertilizar las cosechas y campos, las plantaciones vuelvan a tener la vitalidad que tenían. Con el respectivo aumento progresivo de la producción, nutrición para los suelos, rápida asimilación de los nutrientes, retención de humedad, follaje, se puede llegar a un ahorro de hasta un 80% en fertilización y abono, lo cual representa un porcentaje económico significativo. (Manrique & Ocampo, 2010).

Beneficio Ambiental

El vermicompostaje cumple con tres funciones, mejora la permeabilidad, estructura y porosidad del suelo, facilitando la capacidad de retención de agua, la aireación y la penetración de las raíces de plantas; provee nutrientes al suelo, los cuales se generan gradualmente para los cultivos, actuando como fertilizante; aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades y contribuye al control biológico de plagas y enfermedades. Al descomponerse los residuos orgánicos de forma aeróbica, no emiten metano (CH₄), que es un G.E.I. que tiene 23 veces más efecto que el dióxido de carbono (CO₂), el gas que emiten las combustiones o descomposiciones aeróbicas, por lo que se estaría reduciendo el aporte al calentamiento global. (Montevideo Ambiente, 2018).

Metodología

El proyecto de investigación experimental realizado en el barrio los Alpes propone la implementación de un método de manejo de residuos sólidos en el sector por medio de vermicomposteras con el fin de aprovechar los residuos sólidos de tipo orgánico generados en la producción de sustrato orgánico.



Barrio Los Alpes, ubicado en San Cristóbal, Tomado de código postal.co.

Los límites del barrio (en rojo en la imagen anterior) han sido extraídos basados en los mapas disponibles por la alcaldía local. Las coordenadas centrales del barrio son -74.081604 (longitud) y 4.555793 (latitud). ubicado entre la Carrera 12 este con Calle 32b y Diagonal 32d sur con Calle 32b sur en Bogotá.

Población/ Muestra: El estudio se realizó en un total de 48 hogares de familias ubicadas en el Barrio Los Alpes, tratando de incluir la participación de adultos mayores, adultos y jóvenes. La entrevista se realizó por diferentes manzanas del barrio Los Alpes con el fin de obtener un panorama general de la situación actual del barrio con respecto a la problemática de producción y disposición de residuos orgánicos generados en los hogares por semana. La finalidad fue que las personas encuestadas respondieran las preguntas en una igualdad de condiciones para evitar que influyera en los resultados de la investigación.

La muestra de selección primaria se llevó a cabo específicamente para explorar este problema que requiere un estudio a profundidad, en este caso la recolección de información se centró en la problemática y el cambio que otorgaría la estrategia de lombricultura como alternativa de manejo de residuos orgánicos en el sector.

Fase 1: Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Orgánicos

La investigación que se realizó es de tipo cualitativo, busco observar, investigar y recopilar información por medio de la implementación de una entrevista semiestructurada enfocada a la comunidad conociendo el punto de vista de la misma y sus conocimientos sobre la problemática de contaminación, permitiendo establecer los tipos de residuos sólidos generados y si existía una buena separación en la fuente en el sector. La entrevista busco indagar si los entrevistados realizaban alguna actividad interna para el manejo de residuos sólidos, enfocándose en el porcentaje de tipo orgánico ya que la mayoría de ellos son desechados sin ningún tipo de proceso de aprovechamiento.

La entrevista se conformó por doce preguntas divididas en tres módulos cada uno con un propósito en la recolección de la información.

Modulo 1: Conocimientos previos: Compuesto por (3) preguntas este primer módulo se diseñó para indagar sobre los conocimientos del entrevistado en temas como lo son los residuos sólidos, métodos de manejo de residuos sólidos, métodos de manejo de residuos sólidos orgánicos, y fabricación de abonos a base de residuos orgánicos.

Modulo 2: Caracterización de residuos sólidos: Este módulo se conformó por cinco (5) preguntas las cuales permitieron recolectar información enfocada a la caracterización de residuos sólidos generados en los hogares.

Modulo 3: Participación en manejo de residuos: Este módulo estuvo compuesto por cuatro (4) preguntas que permitieron conocer si los entrevistados participan en alguna actividad relacionada al manejo de residuos sólidos o si en su efecto estaría dispuesto a participar durante el desarrollo de las demás fases del proyecto las cuales buscaron compartir conocimientos sobre métodos de manejo de residuos sólidos orgánicos y la participación de los entrevistados en la implementación de vermicomposteras dentro de sus hogares.

Caracterización de residuos sólidos en el sector: Para realizar una caracterización de residuos sólidos en el sector a parte de la entrevista fue necesario recoger una muestra de residuos sólidos en el lugar donde la comunidad los deposita para su recolección e implementar una metodología de recolección selectiva, con ayuda de la siguiente ecuación fue posible calcular los porcentajes de cada tipo de residuos sólidos.

$$WT = \sum_{i=1}^{\infty} w_i \quad \%i = \frac{w_i}{wt} \times 100$$

Donde:

Wt = Peso total de los R.S aforados.

Wi = Equivale al peso de cada clase de R.S. (orgánico, vidrio, plástico, cartón, etc.)

%i = Porcentaje en peso de cada fracción de R.S en la muestra.

Se debe tener en cuenta que los residuos sólidos se acumulan por tres días debido a la frecuencia de recolección en zonas rurales, también es importante mencionar que por domicilio aproximadamente hay 5 habitantes.

Para poder determinar la producción per cápita (PPC) en el barrio Los Alpes se usó la siguiente ecuación.

$$ppc = \frac{Wt}{N \text{ Hab} * \text{días de almacenamiento de los R.S}} = \frac{Kg}{\text{Hab} - \text{día}}$$

Donde:

Ppc = Producción per cápita.

Wt = Peso total de los R.S aforados.

N Hab = Número de habitantes por vivienda.

Fase 2: Jornadas de Capacitación por Medio de Talleres Enfocados a el Uso e Implementación de Vermicomposteras a Partir de los Residuos Orgánicos

A partir de los resultados obtenidos en las entrevistas se realizaron dos talleres implementados semanalmente con una duración de dos horas cada uno. Dichos talleres se realizaron en el salón comunal del barrio los Alpes con permiso de la junta de acción comunal donde el número de participantes fue ligado a el número de personas interesadas en participar por hogar encuestado.

Jornada de capacitación 1: Definición, caracterización y separación de residuos sólidos en el hogar, clasificación de residuos orgánicos para su manejo y uso.

Jornada de capacitación 2: Introducción a la lombricultura, compostaje, vermicompostaje, especies utilizadas en este proceso, factores que influyen en la adaptación y crecimiento de las lombrices.

Los materiales didácticos utilizados en los talleres de capacitación estuvieron conformados por elementos realizados de manera manual como lo fueron las fichas de apoyo utilizadas durante las jornadas fabricadas de manera sencilla con una impresión pegada a una cartulina, estos elementos tenían como objetivo representar la definición de los términos expuestos de una manera más didáctica. Se diseñó una presentación en formato digital la cual se guardó en el computador portátil y se usó como guía de apoyo para exponer los temas propuestos con el fin de tener un correcto desarrollo de las jornadas y una buena comunicación al momento de transmitir la información.

Se usó una pizarra común o tablero y marcadores de tipo borrable para comenzar a exponer, cinta adhesiva, esferos y hojas blancas las cuales fueron repartidas a los participantes para que pudieran tomar nota durante las jornadas.

Fase 3: Implementación de Vermicomposteras: Materiales Empleados, Fabricación, Monitoreo de Factores Importantes, Tiempo de Proceso y Usos del Sustrato

Para la fabricación y distribución de las vermicomposteras empleadas en el sector se utilizaron los siguientes materiales.

- Diez neveras de icopor de 40 litros.
- Diez bandejas de plástico (29 cm x 41 cm).
- Dos metros de malla plástica.
- Un bulto de tierra negra x 36 kilos.
- Desechos orgánicos clasificados.
- Hojas secas seleccionadas.

Se utilizaron 10 neveras de icopor de 40 litros a las cuales se le realizó perforaciones en la parte de abajo para que pueda haber una correcta circulación de aire y de lixiviados (Figura 1a), en la tapa se realizó un corte en forma de rectángulo y se colocó malla fina cubriéndolo con el fin de que el aire entrara y los gases de la descomposición circulen correctamente (Figura 1b).

Dentro de la nevera colocamos al fondo una capa de hojas secas previamente seleccionadas con la intención de fortalecer la base donde se comenzará a producir el sustrato final (Figura 1c), después se colocó la tierra negra hasta cubrir una cuarta parte de la capacidad de la nevera y se procedió a humedecerla con agua en un 80% (Figura 1d).

Figura 1

Fases del diseño de vermicomposteras con la comunidad del barrio los Alpes



a

b



c

d

Nota. La figura muestra el paso a paso para la fabricación de Vermicomposteras empleadas en el barrio los Alpes.

Encima de esta base se coloca una capa de residuos sólidos orgánicos previamente seleccionados que sirven como la primera alimentación, antes de hacer entrega del pie de cría inicial se comprobó que cada compostera tuviera las correctas condiciones y se procedió a depositar dos kilos de sustrato con aproximadamente 400 lombrices rojas californianas adultas en cada una de las Vermicompostera cubriéndolas con hojas secas para protegerlas de la luz solar, en la parte inferior de la neveras se colocaron bandejas plásticas para recoger el humus líquido que es el lixiviado que genera este proceso.

Como parámetro importante para el desarrollo de la lombriz es importante mencionar que se deben hacer pruebas de pH periódicamente con el fin de asegurarse de que sea neutro (entre 6 y 8), estas condiciones garantizan el proceso de crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana, adicionalmente, la humedad debe estar en un 80% y la temperatura entre 16 a 25 °C.

Muestreo de pH: Las muestras se realizaron con un método sencillo en el que se tomaba con la mano una muestra del sustrato de cada Vermicompostera colocándolas en cajas Petri y humedeciéndolas cuidadosamente dejándolas reposar durante 3 minutos, después del tiempo de espera se tomó una tira de papel tornasol y se introdujo en la muestra durante 10 segundos retirándola y dejándola secar. El papel usado para tomar las muestras es un indicador universal que utiliza el método de determinación de pH por variación de color usando una escala de colores específicos del 1 al 14 en donde el numero 7 representan un pH neutro, permitiendo determinar un numero según sea el color que dé como resultado (Figura 2).

Figura 2

Toma de muestra de pH en vermicomposteras



Nota. La figura muestra el método usado para la toma de muestras de pH en las 10 vermicomposteras implementadas en el barrio los Alpes.

Muestreo de temperatura: Las muestras de temperatura fueron tomadas con las de pH por lo que compartieron los mismos tiempos de muestreo, se utilizó un termómetro digital el cual se ingresó dentro de cada una de las Vermicompostera durante un minuto como se puede observar en la (Figura 3).

Figura 3

Toma de muestras de temperatura en vermicomposteras



Nota. La figura muestra el método usado para la toma de muestras de temperatura en las vermicomposteras por medio de un termómetro digital registrando los datos en (°C).

Muestreo de humedad: Las muestras de humedad se realizaron en conjunto con las de pH y temperatura, en este caso se usó una metodología simple conocida como prueba de puño, la cual consiste en tomar una pequeña muestra del sustrato con la mano con el fin de apretarlo y contar la cantidad de gotas que salen de la muestra teniendo en cuenta que si escurren entre 8 a 10 gotas la humedad promedio será 80 % , si el resultado es inferior a lo esperado se equilibra humedeciendo un poco las vermicomposteras a las que les falta humedad, evitando enfangamientos del sustrato o resequedad la cual afecta negativamente a las lombrices rojas californianas las cuales por su estructura necesitan un entorno húmedo que no afecte su actividad.

Resultados

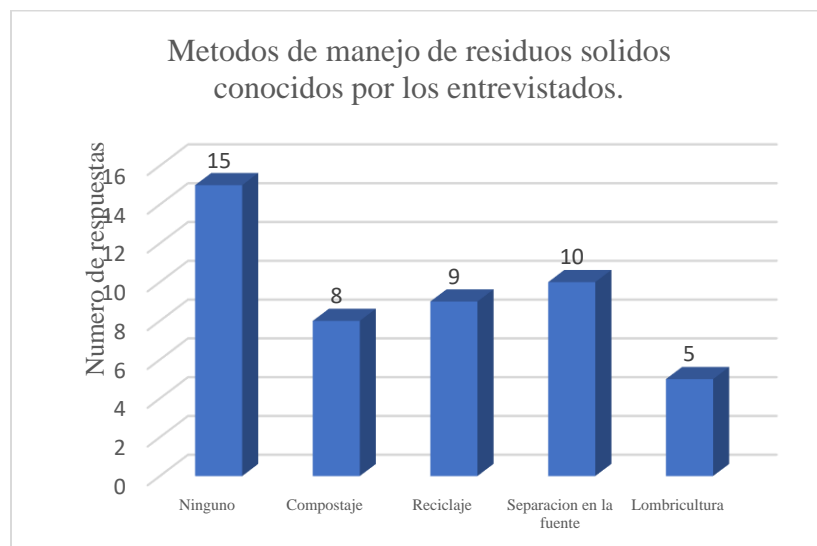
Fase 1: Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Orgánicos

En la fase 1, que correspondió al diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos generados en el sector mediante la aplicación de entrevistas. Se contó con una participación de 48 personas del barrio los Alpes, la población de muestra está conformada por habitantes de 23 a 54 años, hogares conformados por 4 o 5 habitantes máximo. Se inicio con una rápida explicación del propósito del proyecto con la intención de que el entrevistado se sintiera cómodo durante la entrevista. Para comenzar se preguntó al entrevistado sobre la definición de residuos sólidos, las respuestas más comunes eran: desechos como botellas de vidrio, papel, cartón, residuos de alimentos y escombros.

Al preguntar sobre los métodos de manejo de residuos sólidos conocidos sus respuestas fueron parecidas indicando que conocían métodos como el compostaje, reciclaje, separación en la fuente y lombricultura, también evidenciando que un porcentaje de ellos desconoce este tipo de procesos o no se muestra interesados como se explica en la (Figura 4).

Figura 4

Métodos de manejo de residuos conocidos por los entrevistados

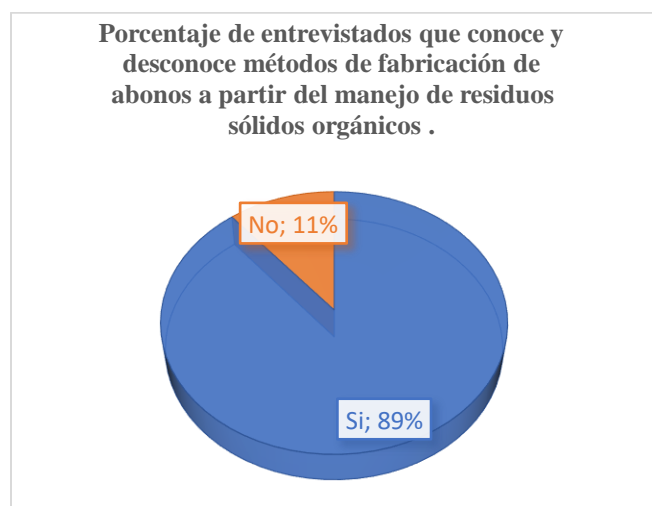


Nota. La figura muestra los métodos de manejo de residuos sólidos conocidos por los entrevistados y el número de respuestas obtenidas.

Del total de entrevistados un 89% afirmo conocer o en algún momento haber oído hablar de los métodos de fabricación de abonos a partir del manejo de residuos sólidos orgánicos y solo el 11% del total afirmo no conocerlos (Figura 5).

Figura 5

Porcentaje de entrevistados que conocen o desconocen los procesos de fabricación de abonos a base de residuos sólidos orgánicos

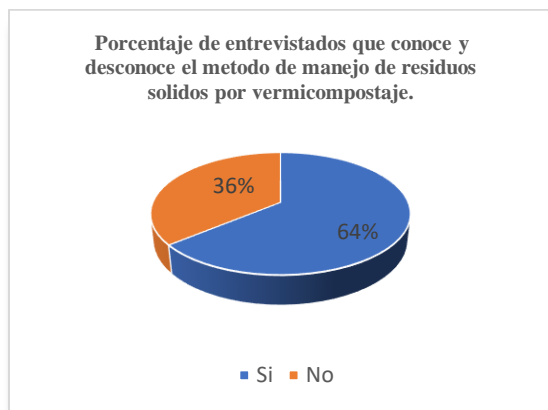


Nota. La figura muestra el porcentaje de participantes que conocen y desconocen el proceso de fabricación de abonos por medio del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

La siguiente pregunta indago sobre el conocimiento del participante sobre lo que es la lombricultura o también conocida como el vermicompostaje permitiendo conocer que del total de entrevistados el 64 % conocen el método de manejo de residuos por medio de la lombricultura y el 36 % restante desconoce el proceso como se muestra en la (Figura 6).

Figura 6

Porcentaje de entrevistados que conocen y desconocen el termino lombricultura o vermicompostaje

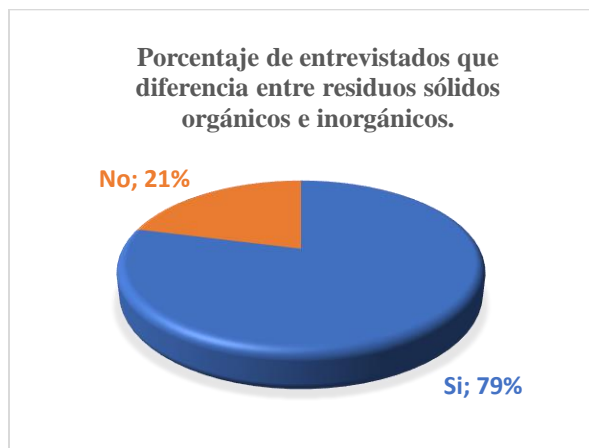


Nota. La figura representa la cantidad de entrevistados que conocen y desconocen el método de vermicompostaje como opción de manejo de residuos sólidos orgánicos.

La siguiente pregunta que se formuló permitió conocer que, del total de entrevistados, un 79% tenían clara la diferencia entre residuo solido orgánico e inorgánico y el 11% restante se mostraba indiferente ya que consideraban que todos los desechos eran iguales al momento de desecharse como se puede observar en la (Figura 7).

Figura 7

Porcentaje de entrevistados que diferencia entre residuos sólidos orgánicos e inorgánicos



Nota. La figura representa el porcentaje de entrevistados que afirma conocer las diferencias entre residuos sólidos de tipo orgánicos e inorgánicos.

Según se demostró en la recolección de la información, del total de entrevistados el 54 % afirmaron realizar una correcta separación de residuos sólidos en la fuente y el 46 % restante indicó no conocer el procedimiento, sin embargo, se identifica que los residuos sólidos orgánicos no tienen ningún tipo de manejo en su mayoría son desechados junto con los demás.

La formulación de preguntas y la estructura de la entrevista planteada tuvieron como resultado la recopilación de información importante que permitió conocer más a fondo la problemática ambiental y analizar los motivos por los cuales no se le había brindado o propuesto una solución, identificando que la problemática nacía desde los mismos hogares del sector, ya que la comunidad desconocía el impacto ambiental negativo que la misma causaba. Dentro de la información que se recopiló se evidenció que la comunidad desconocía las diferencias entre los tipos de residuos sólidos existentes y en su mayoría no realizaban ningún manejo interno de los mismos limitándose a desecharlos.

Caracterización de residuos sólidos del sector: Para que fuera posible conocer más a fondo la composición de los residuos sólidos desechados por la comunidad se identificó la frecuencia de recolección de residuos, identificándose que los carros pasan tres veces por semana los días lunes, jueves y sábados. Con esta información se tomó una muestra en el lugar donde la comunidad deposita la basura y se realizó una separación por tipo de residuos pesándolos antes de que el carro de recolección pasara.

La muestra tomada tuvo un peso de 8 kg, en la (Tabla 1) se muestra el peso de cada tipo de residuo sólido encontrado al momento de separar la muestra tomada.

Tabla 1*Peso de cada residuo solido separado (muestra tomada)*

Tipo de residuos	Peso en kilos	Porcentaje %
Cartón	0.9	11,2
Plásticos	2.6	32,5
Vidrio	2.3	28,7
Residuos sólidos orgánicos	2,2	27,5

Nota. La tabla representa los tipos de residuos sólidos que componen la muestra tomada y sus porcentajes.

Como se observa en los resultados obtenidos de la muestra tomada el 27.5 % del total de residuos sólidos son de tipo orgánico siendo los de mayor importancia y con los que se trabajaron en adelante.

Teniendo en cuenta que la ciudad de Bogotá D.C tiene una producción percapita (PPC) de residuos sólidos de 0.7 kg/Hab/día de acuerdo con (Kerguelén H. 2004. pág. 15), al calcular la (PPC) en el barrio los Alpes se evidencia que cada habitante produce un total de 0.53 kg de residuos sólidos al día. Aunque el resultado obtenido fue un poco menor al promedio general de la ciudad está muy cerca y muestra que si existe una problemática de generación de residuos sólidos en el sector valor que pudo haber variado por el peso de la muestra tomada, sin embargo, es evidente que la producción de residuos sólidos y el mal manejo genera la problemática identificada en el sector.

Fase 2: Jornadas de Capacitación por Medio de Talleres Enfocados al Uso e Implementación de Vermicomposteras a Partir de los Residuos Orgánicos

El programa de capacitación fue desarrollado en dos días, cada jornada con una duración de 2 horas. Para realizar las jornadas de capacitación en la comunidad del barrio los Alpes fue necesario realizar una preparación previa la cual tomó como base los resultados obtenidos en la fase 1 del proyecto la cual recopiló información sobre la problemática con ayuda de la entrevista y caracterización de residuos realizada, a partir de cuyos resultados, se definieron las temáticas más relevantes para abordada en las jornadas de capacitación

A continuación, se describen las actividades y tiempos empleados para la exposición de cada tema durante el desarrollo de las dos jornadas de capacitación.

Jornada de capacitación 1: Definición, caracterización y separación de residuos sólidos en el hogar, clasificación de residuos orgánicos para su manejo y uso: La primera jornada inició con una breve presentación como la persona encargada de llevar la capacitación dedicando un poco de tiempo en la explicación de los objetivos, expectativas y duración. Esta jornada tuvo como resultado el desarrollo de un taller de capacitación mostrado en la (Tabla 2) en donde se especifican las actividades realizadas y tiempos usados para el desarrollo de cada una.

Tabla 2

Taller jornada 1 de capacitación

Horario	Objetivos	Actividades o estrategias de aprendizaje	Materiales usados
día 1			
15 minutos	Presentación del facilitador, dinámica de	<ul style="list-style-type: none"> • Bienvenida y presentación a los asistentes participantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrrable.

	trabajo y objetivos de la jornada de capacitación 1.	<ul style="list-style-type: none"> • Agenda / tiempo de duración de la jornada. • Expectativas. • Objetivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Computador portátil.
15 minutos	Reconocer a los participantes e identificar inquietudes y expectativas con relación al taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Indagar sobre las dudas o miedos de los participantes sobre el proceso de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador. • Computador portátil. • Formato de registro de participantes.
20 minutos	Socializar con los participantes la definición de residuos sólidos y su clasificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el termino residuo solido comenzando desde conceptos básicos por medio de exposición oral. • Rotación de fichas ilustrativas. • Discusión guiada con los participantes. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de apoyo (cartulinas con imágenes de ejemplos de residuos sólidos.) • Muestra física de cada tipo de residuos (botella de vidrio, botella plástica, papel, cartón, residuos orgánicos.) • Presentación guía realizada en power point en computador portátil.

25 minutos	Socializar con los participantes el concepto de separación de residuos sólidos en la fuente y su importancia.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del término caracterización por medio de exposición oral. • Definición del término separación en la fuente por medio de exposición oral. • Rotación de fichas ilustrativas. • Discusión guiada con los participantes. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de apoyo (cartulinas con dibujos ejemplo.) • Presentación guía realizada en power point en computador portátil.
25 minutos	Desarrollar un ejercicio de clasificación de residuos orgánicos en la fuente para su manejo y posterior uso.	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación de las diferencias entre residuos sólidos orgánicos e inorgánicos por medio de exposición oral. • Discusión guiada con los participantes. • Rotación de fichas ilustrativas. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de apoyo (cartulinas con dibujos ejemplo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos) • Presentación guía realizada en power point en computador portátil.

20 minutos	Momento evaluativo: Evaluar la apropiación de conceptos y términos socializados en la jornada	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión guiada con los participantes. • Momento evaluativo a los participantes preguntando sobre los temas expuestos de manera oral y aleatoria se seleccionó a 5 participantes y se les hicieron preguntas relacionadas a los temas trabajados con la intención de reforzar los conocimientos aprendidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntas preparadas para el momento evaluativo oral.
------------	--	---	---

Nota. La tabla indica las estrategias de aprendizaje, materiales y tiempos usados en cada tema expuesto dentro de la jornada 1 de capacitación realizada en el barrio los Alpes.

El desarrollo de la jornada 1 de capacitación en la comunidad conto con la participación de 30 personas dentro de los cuales se incluye adultos y jóvenes habitantes del sector del barrio los Alpes (Figura 8). Durante el desarrollo de esta jornada se capacitó a los participantes sobre conceptos básicos en la definición de residuos sólidos comprendiendo su significado, clases de residuos sólidos y manera correcta de separación en la fuente para un domicilio pequeño enfocándonos en la separación de residuos sólidos orgánicos. Durante el desarrollo de esta jornada hubo momentos evaluativos que tenían como objetivo asegurarse de que los conceptos fueran aprendidos correctamente, dichos momentos se realizaron de manera oral y aleatoria con el fin de reforzar los temas expuestos y aclarar las dudas que surgieron durante la jornada, evidenciándose una apropiación de las temáticas abordadas.

Figura 8

Jornadas de capacitación en comunidad del barrio los Alpes



Nota. La figura muestra a la comunidad del barrio los Alpes participando en las jornadas de capacitación realizadas en el sector.

Jornada de capacitación 2: Introducción al compostaje, a la lombricultura y vermicompostaje. Especies utilizadas en este proceso, factores que influyen en el establecimiento y crecimiento de las lombrices: Durante esta jornada se capacitó a los participantes en conceptos referentes al compostaje con el fin de comenzar a abordar los diferentes métodos de manejo de residuos sólidos dentro de los cuales hizo énfasis en el vermicompostaje, exponiendo el concepto de lombricultura, especies usadas e implementación del método en hogares comunes, tiempos y factores ambientales para un manejo adecuado. La jornada 2 de capacitación tuvo como resultado el desarrollo de un taller de capacitación mostrado en la (Tabla 3) en donde se especifican las actividades realizadas y tiempos usados para la exposición de cada una.

Tabla 3*Taller jornada 2 de capacitación*

Horario día 2	Objetivos	Actividades o estrategias de aprendizaje	Materiales usados
15 minutos.	Presentación del facilitador dinámica de trabajo y objetivo de la jornada de capacitación 2.	<ul style="list-style-type: none"> • Bienvenida y presentación a los asistentes participantes. • Agenda / tiempo de duración de la jornada. • Expectativas. • Objetivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil.
15 minutos.	Reconocer a los participantes e identificar inquietudes y expectativas con relación al taller	<ul style="list-style-type: none"> • Indagar sobre las dudas o miedos de los participantes sobre el proceso de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Formato de registro de participantes.
20 minutos.	Socializar con los participantes la definición del término compostaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del término compostaje por medio de exposición oral. • Discusión guiada con los participantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Fichas de apoyo con dibujos impresos. • Muestra de abono.

- Resolución de las dudas sobre los términos expuestos.

20 minutos.	Socializar con los participantes el concepto de lombricultura y su potencial en el manejo de residuos sólidos orgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del término lombricultura por medio de exposición oral. • Discusión guiada con los participantes. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Fichas de apoyo con dibujos impresos. • Especímenes de lombriz roja californiana. • Vermicompostera de ejemplo.
-------------	--	--	---

20 minutos.	Socializar con los participantes el método de vermicompostaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del término vermicompostaje por medio de exposición oral. • Discusión guiada con los participantes. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Fichas de apoyo con dibujos impresos. • Especímenes de lombriz roja californiana. • Vermicompostera de ejemplo.
-------------	--	--	---

			<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos orgánicos seleccionados. • Sustrato procesado.
20 minutos	Socializar y explicar al participante los factores que influyen en el establecimiento y crecimiento de las lombrices.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de términos y factores que influyen en el desarrollo correcto del proceso de compostaje (pH, humedad, temperatura.) por medio de exposición oral. • Discusión guiada con los participantes. • Resolución de las dudas sobre los términos expuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Fichas de apoyo con dibujos impresos. • Especímenes de lombriz roja californiana. • Vermicompostera de ejemplo. • Papel tornasol para pruebas de pH. • Termómetro. • Sustrato procesado.
10 minutos	Momento evaluativo: Evaluar la apropiación de conceptos y términos socializados en la jornada	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión guiada con los participantes. • Momento evaluativo a los participantes preguntando sobre los temas expuestos 	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntas preparadas para el momento evaluativo oral.

de manera oral y aleatoria se seleccionó a 5 participantes y se les hicieron preguntas relacionadas a los temas trabajados con la intención de reforzar los conocimientos aprendidos.

Nota. La tabla indica las estrategias de aprendizaje, materiales y tiempos usados en cada tema expuesto dentro de la jornada 2 de capacitación realizada en el barrio los Alpes.

La segunda jornada de capacitación que se realizó en la comunidad conto con un total de 25 participantes de los cuales el 100% había asistido a la jornada anterior, lo que permitió un buen avance en la exposición de los temas propuestos, ya que conocían los conceptos básicos para poder dar continuidad con las temáticas. Durante esta jornada, se trataron métodos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en donde se habló del compostaje, la lombricultura, y finalmente del método por vermicompostaje.

De nuevo se enfocó en la separación correcta de los residuos sólidos orgánicos requeridos en la implementación de vermicomposteras durante la fase 3 del proyecto, descartando la recolección de alimentos con un nivel alto de pH como: restos de cebolla, ajo, tomate, cítricos (limón, naranja, mandarina, piña) entre otros, haciendo énfasis en la recolección de restos de verduras y vegetales con bajo contenido de acidez, debido a la necesidad de controlar el pH del sustrato ya que puede afectar el desarrollo de las lombrices.

En esta jornada se presentó a los participantes especímenes de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) procedente de criadero propio con el fin de familiarizar y permitir un correcto manejo de los organismos al momento de implementar las vermicomposteras dentro de los hogares participantes.

Las jornadas de capacitación realizadas en el sector fueron exitosas ya que permitieron aprovechar desde el primer momento el espacio y tiempo prestado para el desarrollo de las actividades, dándose un adecuado manejo de tiempos para la exposición de cada uno de los temas trabajados. Adicionalmente, la elección de material de apoyo permitió una buena transmisión de información de una manera didáctica y sencilla que mantuvo la atención de los participantes y les permitió comprender y apropiarse los temas expuestos.

Fase 3: Implementación de Vermicomposteras en Domicilios del Barrio los Alpes

Como tercer momento de ejecución del proyecto, se llevó a cabo la fabricación de las vermicomposteras con participación de la comunidad del barrio los Alpes interesada en implementar esta metodología en sus hogares. Durante esta jornada se capacitó a los participantes sobre los principios básicos para tener en cuenta para la fabricación de vermicomposteras tales como: selección de materiales necesarios, sustrato inicial, factores de monitoreo relevantes (frecuencia y rangos adecuados).

En el marco de esta jornada se desarrolló un taller de fabricación de vermicomposteras cuyo diseño se presenta en la (Tabla 4) y en donde se especifican las actividades realizadas y tiempos usados para cada una.

Tabla 4*Taller de fabricación de vermicomposteras*

Horario día 3	Objetivos	Actividades o estrategias de aprendizaje	Materiales necesarios
10 minutos	Presentación del facilitador dinámica de trabajo y objetivo de la jornada de capacitación 3.	<ul style="list-style-type: none"> • Bienvenida y presentación a los asistentes participantes. • Agenda / tiempo de duración de la jornada. • Expectativas. • Objetivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil.
10 minutos	Reconocer a los participantes e identificar inquietudes y expectativas con relación al taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Indagar sobre las dudas o miedos de los participantes sobre el proceso de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero. • Marcador borrable. • Computador portátil. • Formato de registro de participantes.
20 minutos	Identificar los materiales necesarios para la construcción de una vermicompostera.	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de los materiales necesarios. • Distribución de los materiales necesarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero • Marcador borrable. • Computador portátil.

- 10 neveras de icopor de 20 litros.
- 10 bandejas plásticas.
- Tierra negra.
- Mallas plásticas.
- Bisturís.
- Desechos orgánicos previamente seleccionados.
- Malla plástica.
- Silicona.
- Cinta adhesiva.
- Agua.

60 minutos	Facilitar la fabricación de 10 vermicomposter caseras.	<ul style="list-style-type: none"> • Perforaciones en las bases de las neveras de icopor para lixiviados. • Corte en forma de cuadro en tapa de las neveras con el fin de colocar malla plástica para correcta ventilación. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 neveras de icopor de 20 litros. • Malla plástica. • Silicona. • Bisturís. • Cinta adhesiva. • Gramera. • Tierra negra. • 20 kilos de lombriz roja californiana de criadero propio.
------------	--	---	--

		<ul style="list-style-type: none"> • Corte de mallas en forma de cuadrado. • Pegar las mallas cortadas en las tapas de las neveras. • Colocar bandeja plástica debajo de las neveras. • Colocar tierra negra dentro de la nevera de icopor. • Humedecer • Distribución de lombriz roja californiana. • Colocar primera alimentación dentro de las nuevas vermicomposteras y cerrarlas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 bandejas plásticas. • Desechos orgánicos previamente seleccionados.
20 minutos	Distribuir las vermicomposteras en los hogares de los participantes teniendo en cuenta los requerimientos físicos (temperatura,	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de las vermicomposteras fabricadas, disposición dentro de los domicilios participantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 vermicomposteras listas.

luz, humedad) de
estos sistemas.

Nota. La tabla indica las estrategias de aprendizaje, materiales y tiempos usados para la fabricación y distribución de vermicomposteras en el sector durante el taller de fabricación de vermicomposteras realizado en el barrio los Alpes.

La tercera jornada contó con la participación de veinte personas y se enfocó en la fabricación de las vermicomposteras, en total se fabricaron diez, las cuales fueron distribuidas en los hogares participantes ubicándolas en lugares estratégicos como patios y terrazas donde se garantizó la correcta iluminación y aireación. El proceso de fabricación siguió los pasos plasmados en la metodología teniendo ya un diseño listo para la construcción de estas.

Una vez finalizada la fabricación de las vermicomposteras y se incluyó en el sustrato los residuos sólidos de cada hogar como forma de alimento para este sistema (Figura 9).

Figura 9

Alimentación inicial de las vermicomposteras con residuos sólidos orgánicos seleccionados



Nota. La figura muestra el proceso de alimentación de las vermicomposteras con residuos sólidos orgánicos seleccionados para iniciar el proceso vermicompostaje.

En general las jornadas de capacitación cumplieron con lo esperado demostrando que es posible realizar este tipo de actividades en una comunidad y al mismo tiempo brindarle una

solución sostenible que permita reducir la problemática de contaminación por residuos sólidos orgánicos identificada.

El proyecto tuvo una duración total de ocho meses, y a partir del cuatro mes se implementaron las vermicomposteras en los hogares, las cuales fueron monitoreadas para determinar que los factores ambientales importantes se mantuvieran en rangos adecuados para un correcto desarrollo y adaptación de la lombriz roja californiana.

La alimentación de las lombrices se realizó semanalmente con los desechos orgánicos seleccionados y recolectados en cada hogar participante. Después de las tres primeras semanas de haber implementado las vermicomposteras, se comenzó a evidenciar los primeros resultados del proceso de conversión de la materia orgánica a sustrato, teniendo en cuenta que, en los primeros días, las lombrices pasan por una fase de adaptación, por lo cual hasta pasadas unas semanas se evidencia la disminución del alimento colocado y la capacidad de adaptación de la lombriz a este tipo de entornos. (figura 10).

Figura 10

Lombriz roja californiana alimentándose



Nota. La figura muestra ejemplares de lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) alimentándose de los residuos sólidos orgánicos.

Con el fin de llevar un registro de los cambios en la acidez de las vermicomposteras empleadas se realizaron revisiones y muestreos periódicos manteniendo un control para evitar alteraciones del sustrato. En la (tabla 5) se muestra el registro de datos obtenidos durante el muestreo de pH realizado en las diez vermicomposteras implementadas. La primera medición se hizo veinte días después de la entrega de las vermicomposteras y posteriormente cada veinte días se realizó el seguimiento de dicha variable.

Tabla 5

Registro de toma de muestras de pH en vermicomposteras

Vermicom postera	Primera medición	Segunda medición	Tercera medición	Cuarta medición	Quinta medición	Sexta medición
1	6	7	7	6	5	6
2	6	6	8	7	6	7
3	5	6	6	7	6	7
4	6	5	7	5	7	6
5	5	7	6	5	5	6
6	7	6	5	6	6	6
7	8	8	7	8	6	8
8	5	7	6	7	8	5
9	8	5	5	6	6	6
10	6	5	7	7	6	7

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos en las seis mediciones de pH realizadas en las 10 vermicomposteras durante el periodo de implementación.

Los valores de pH en las diez vermicomposteras empleadas se mantuvieron entre los valores de 5 a 8 unidades, lo cual muestra una baja variación durante el periodo de

implementación. Esto se relaciona con la correcta selección de residuos orgánicos usados como alimento ya que al descartar desde el inicio la recolección de alimentos ácidos fue posible mantener valores de pH dentro de los parámetros considerados como ideales para el desarrollo y adaptación de la lombriz roja californiana durante el proceso de generación de sustrato. De acuerdo con el trabajo de Coyne (2000) se debe evitar tener rangos de pH extremos siendo los valores neutros más beneficiosos para el correcto desarrollo de la lombriz roja californiana. En este mismo trabajo se evidencia una variación entre 5,5 y 8,5 que pueden asociarse con la presencia de elementos alcalinizantes que poseen los residuos domésticos, los cuales se liberan durante la compostación de residuos ricos en nitrógeno. Estas variaciones en los resultados de muestreo de pH al vermicompostar residuos sólidos orgánicos también fueron observadas por Serrano Ct (2004) y en el presente estudio.

Como resultado relevante se observa que la compostera número siete, a diferencia de las demás presentó mediciones diferentes con valores cercanos a un pH de 8 en cuatro de las seis mediciones realizadas, sin embargo, se encuentra dentro de los rangos considerados como correctos y no presentó ninguna afectación negativa para el sustrato del producto final.

El pH en general se mantuvo neutro durante el periodo de implementación de las vermicomposteras evitando tener que hacer correcciones por excesos de acidez; al mantener el sustrato en estas condiciones se favoreció un correcto proceso de compostaje de la materia orgánica usada.

Otro factor relevante que fue monitoreado durante la implementación de las vermicomposteras fue la temperatura. En la (tabla 6) se presenta el registro de datos obtenidos durante el muestreo de temperatura realizado en las diez vermicomposteras. Dicha información

al igual que las mediciones de pH comparten los mismos tiempos de muestreo cada una con diferencia de veinte días entre sí.

Tabla 6

Registro de toma de muestras de temperatura en vermicomposteras(°C)

Vermico poster a	Primera medición	Segunda medición	Tercera medició n	Cuarta medición	Quinta medición	Sexta medición
1	18	19	17	20	17	19
2	17	18	19	20	21	19
3	18	15	17	16	17	18
4	18	20	21	19	18	19
5	19	17	17	19	18	20
6	18	20	17	18	19	21
7	18	19	20	17	18	21
8	16	18	19	20	21	20
9	17	18	17	17	18	22
10	16	17	17	18	19	21

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos en las seis mediciones de temperatura realizadas en las 10 vermicomposteras durante el periodo de implementación.

Los valores de temperatura registrados durante las mediciones realizadas en las diez vermicomposteras empleadas variaron entre los 15°C y 21 °C, dichos valores variaron poco y en general se mantuvieron estables y acordes a los requerimientos de la lombriz roja californiana.

Dentro de los resultados obtenidos se observó que a diferencia de las demás vermicomposteras la numero tres registró las temperaturas más bajas que rondaron entre los 15°C a 18°C, al indagar el motivo por el cual se presentaban estas temperaturas un poco más

bajas se identificó que la ubicación de esta Vermicompostera en particular era diferente a la de las demás estando ubicada en un lugar con poca iluminación lo que hacía que el entorno fuera un poco más frío con respecto a los demás. A pesar de esta diferencia, la temperatura se mantuvo dentro de los rangos considerados como ideales y no representó algún problema en la producción del sustrato.

Al comparar los datos obtenidos con los registrados en investigaciones similares donde se usó el vermicompostaje se encontró que los datos obtenidos se asemejan a los registrados por Cajas M, B (2012), donde el autor indica temperaturas con valores entre 18°C a 25°C, sin que esto representara inconvenientes en el desempeño de las vermicomposteras. Adicionalmente, de acuerdo con Schuldt, et al., (2007) dentro de los principales factores limitantes para cultivos de *Eisenia foetida*, se encuentra la temperatura, la cual debe rondar entre los 14-27 °C, siendo letales temperaturas inferiores a 0 °C y superiores a 42 °C, lo que evidencia un amplio rango de tolerancia para la especie y que se traduce en facilidad para replicar esta metodología en diferentes zonas.

Los datos de temperatura registrados en las vermicomposteras empleadas en el barrio Los Alpes estuvieron dentro los rangos adecuados para la adaptación y crecimiento de la lombriz roja californiana en condiciones de vermicompostaje casero. Con respecto a la humedad, en la (tabla 7) se presenta el registro de datos obtenidos.

Tabla 7

Registro de toma de muestras de humedad por medio de prueba de puño. (cumple ✓, no cumple x : humedad del 80 %)

Vermicomposte ra	Primera medición	Segunda medición	Tercera medición	Cuarta medición	Quinta medición	Sexta medición
1	x	✓	✓	x	✓	✓
2	✓	✓	x	✓	x	✓
3	✓	x	✓	x	x	✓
4	✓	✓	x	✓	x	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	x	✓	✓	✓	✓
7	✓	x	✓	✓	✓	✓
8	✓	x	✓	x	x	✓
9	✓	x	✓	✓	x	✓
10	✓	✓	x	✓	✓	✓

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos en las seis mediciones de humedad realizadas en las 10 vermicomposteras durante el periodo de implementación.

La humedad dentro de las vermicomposteras se mantuvo regulada gracias a las hidrataciones periódicas que se realizaron al momento de tomar las muestras ya que después de hacer la prueba y registrar los datos se procedió a hidratar las vermicomposteras que mostraron una reducción en los niveles de este parámetro, el agua empleada fue agua de grifo reposada con el fin de evitar la presencia de cloro que pudiera afectar el proceso de conversión de residuos orgánicos a sustrato.

Según Somarriba R, J Y Guzmán F. (2004) la humedad constituye uno de los elementos más influyentes en la Lombricultura, ya que su falta o exceso traen consecuencias negativas tanto en la producción de humus como en la reproducción y fecundidad de la lombriz. La humedad de las vermicomposteras se debe mantener entre el 75% y el 80%, ya que una humedad inferior al 70% es desfavorable para la cría y valores por debajo de 55% son letales para dichos organismos.

A diferencia de las demás vermicomposteras, la número tres y la número ocho presentaron menor humedad en tres de las seis muestras tomadas, situación que fue corregida y no representó ninguna afectación negativa durante el proceso. En general la humedad se mantuvo estable en las diez vermicomposteras gracias a los riegos periódicos que se realizaron ya que al hacerse de forma manual y controlada se evitaron enfangamientos o resequead del sustrato disminuyendo alteraciones en el trabajo realizado por la lombriz roja californiana. Otros factores como la temperatura ambiente que en general no supero los 21°C ayudo a mantener un hábitat húmedo con las condiciones ideales para la compostación de los residuos orgánicos.

Los parámetros como pH, temperatura y humedad son claves para una correcta adaptación de la lombriz durante el periodo de implementación de las vermicomposteras tal y como lo menciona De Sanzo y Ravera (2000). Por ello fue necesario controlar estos parámetros o de lo contrario los resultados hubieran sido negativos y el periodo de adaptación hubiera sido más complejo y el producto final no hubiera cumplido con su propósito.

Después del transcurso del primer mes de implementación se logró evidenciar que la mayoría de alimentos colocados inicialmente ya habían sido procesados y convertidos en abono (figura 11), además se nota un crecimiento en el tamaño de la lombriz roja californiana como se muestra en la (figura 12), también se logra identificar la presencia de otros organismos que

participan en el proceso de descomposición y procesamiento de la materia orgánica, tales como ácaros y colémbolos que son beneficiosos y favorecen el proceso.

Figura 11

Avance del proceso de transformación de residuos sólidos a sustrato



Nota. En la figura se puede evidenciar el avance de la lombriz roja californiana en el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos usados como alimento.

Figura 12

Muestra del crecimiento, desarrollo y adaptación de la lombriz roja californiana



Nota. En la figura se puede observar ejemplares de lombriz roja californiana durante el periodo de implementación de las vermicomposteras evidenciando el crecimiento y adaptación de esta

especie en ambientes controlados.

Durante el transcurso de los últimos meses del proyecto se continuó alimentando semanalmente las vermicomposteras con los residuos orgánicos recogidos en los domicilios participantes y se continuó tomando muestras hasta llegar al último mes de procesamiento donde fue posible evidenciar el resultado final con más claridad como se muestra en la (figura 13).

Figura 13

Residuos sólidos orgánicos procesados en su totalidad durante el cuarto mes de implementación de vermicomposteras



Nota. En la figura se puede observar los residuos sólidos orgánicos procesados en su totalidad durante la última semana de implementación de las vermicomposteras.

Durante las dos últimas semanas del proyecto se pauso totalmente la alimentación de las lombrices con el fin de que terminaran de procesar los restos de alimentos que aún quedaban en las vermicomposteras para comenzar a realizar la separación del sustrato, que se realizó manualmente con el propósito de conservar la mayor cantidad de lombrices (figura 14). El sustrato fue extendido y secado al sol para reducir su humedad, después de unos días de secado fue posible recogerlo para su almacenamiento y futuro uso.

Figura 14

Finalización del proceso de compostaje, separación de la lombriz roja californiana del sustrato y secado posterior



Nota. En la figura se puede evidenciar el producto final (sustrato o abono) después de terminar el proceso de vermicompostaje.

La implementación de las vermicomposteras dentro de los domicilios y en espacios controlados permitió el control de plagas como insectos, aves, o roedores que pudieran ser atraídos por el olor de estas, permitiendo que el procesamiento del producto final no tuviera ese tipo de interrupciones. Inicialmente se comenzó con dos kilos de sustrato de lombriz en cada Vermicompostera en el que se incluyó lombrices adultas y juveniles entregando un aproximado de 400 lombrices por vermicomposteras. Somarriba R, J Y Guzmán F. (2004) afirman que dichas lombrices tienen un peso en estado adulto de 0.8 a 1g e ingieren diariamente el 100% de su peso en materia orgánica en descomposición del cual el 60% es excretado como abono orgánico y el 40% es asimilado y se convierte en biomasa de lombriz.

Se estima que cada lombriz adulta se alimenta con un aproximado de 0.8 gramos de residuos orgánicos al día lo que sería un total de 24 gramos al mes. Si se tiene en cuenta la

población de lombriz usada en cada Vermicompostera (400 lombrices) aproximadamente al mes se usaron 9.6 kg de alimento en cada una y un total de 96 kg entre las diez vermicomposteras, la acumulación de residuos sólidos orgánicos usados como alimento durante el periodo de implementación se muestra en la (Tabla 8).

Tabla 8

Acumulado total residuos sólidos orgánicos usados en las 10 vermicomposteras en kg

Mes	Acumulado total residuos sólidos orgánicos usados en las 10 vermicomposteras (kg).
1	96
2	192
3	228
4	384

Nota. La tabla muestra el acumulado de residuos sólidos orgánicos usados como alimento durante los 4 meses de implementación de vermicomposteras en el sector, aprovechando un total de 384 kg de residuos sólidos orgánicos durante este periodo.

Teniendo en cuenta que solo el 60% de dicho alimento se convierte en sustrato, al mes cada lombriz generaría 14.4 gramos de sustrato. Como en cada Vermicompostera aproximadamente se depositaron 400 lombrices adultas se calcula que por mes en cada una se procesó un total de 5.7 kilos de sustrato lo que significa que en entre las diez vermicomposteras aproximadamente se procesaron 57 kg de residuos orgánicos por mes, la (tabla 9) muestra la acumulación de sustrato procesado durante el periodo de implementación de las vermicomposteras.

Tabla 9

Acumulado total de sustrato procesado por las diez vermicomposteras

Mes	Acumulado total de sustrato procesado por las 10 vermicomposteras (kg).
1	57
2	114
3	171
4	228

Nota. La tabla muestra el acumulado de sustrato procesado durante los 4 meses de implementación de vermicomposteras en el sector, procesando un total de 228 kg de sustrato durante este periodo.

Teniendo en cuenta esta información al finalizar el proyecto se habría usado aproximadamente un total de 384 kg de residuos sólidos orgánicos entre las diez vermicomposteras durante los cuatro meses de implementación. De la cantidad mencionada solo 60% ósea 228 kg fueron procesados como sustrato el cual fue usado como abono en zonas verdes y en jardinería por las personas participantes, el 40% restante fue usado como energía y biomasa para la lombriz durante el periodo de conversión de la materia orgánica.

Existen distintos métodos de manejo de residuos sólidos orgánicos los cuales implican una gran inversión en costos de infraestructura y operación sin embargo el método empleado en el sector del barrio los Alpes es la muestra de que hay métodos efectivos y económicos que no necesitan de grandes inversiones para su desarrollo. Los resultados obtenidos servirán como un recurso de apoyo para futuras propuestas que busquen una solución a la problemática de contaminación de residuos sólidos, proponiendo el empleo de métodos de manejo sustentables

que generen un impacto ambiental positivo en la sociedad mejorando la calidad del medio ambiente.

Conclusiones

La implementación de vermicomposteras en el barrio los Alpes generó un impacto ambiental positivo en la comunidad reduciendo los residuos sólidos generados durante el periodo de implementación usando un total de 384 kg de residuos sólidos orgánicos en cuatro meses de los cuales se obtuvieron 228 kg de sustrato el cual fue usado por las personas participantes en jardinería en el sector. La producción per cápita (PPC) de las diez familias participantes en la implementación de las vermicomposteras se redujo en un 0.14% pasando de 0.53 k/día a 0.39 k/día ya que al usar sus residuos sólidos orgánicos como alimento de lombriz la cantidad de residuos desechados que terminaban en el relleno sanitario se redujo, la cantidad de sustrato procesado es considerablemente buena teniendo en cuenta la cantidad de vermicomposteras usadas mostrando que dicho método es efectivo y sostenible y al querer emplearlo a una escala mayor mostraría resultados de mayor magnitud.

El diagnóstico y caracterización de residuos sólidos realizado en el barrio los Alpes permitió conocer la problemática ambiental más a fondo identificando los tipos de residuos generados y sus porcentajes, en donde los de tipo orgánico representaron un 27,5% del total del peso de la muestra tomada, porcentaje suficiente que fue usado como alimento para lombriz durante el periodo de la implementación de vermicomposteras en el sector, mostrando que porcentajes similares serían suficientes para ser usados como alimento en futuros proyectos en donde se considere usar el vermicompostaje como un método de manejo de residuos sólidos.

Se realizaron dos jornadas de capacitación en el barrio los Alpes las cuales contaron con una participación de 30 personas abordando temas de importancia relacionados a tipos de residuos sólidos y métodos de manejo, el éxito de dichas jornadas permitió desarrollar una

tercera enfocada a la fabricación y distribución de vermicomposteras vinculando a diez familias para la implementación dentro de sus hogares.

Se implementaron diez vermicomposteras en el barrio los Alpes con ayuda de las familias participantes, monitoreando factores de importancia como pH, temperatura y humedad durante los cuatro últimos meses del proyecto logrando disminuir la cantidad de residuos sólidos generados y obteniendo sustrato de lombriz como producto final.

Recomendaciones

Evitar la compactación del sustrato por medio de volteos periódicos que permitan la correcta aireación del mismo y evite mal olores o compactación excesiva del producto.

Evitar la sobrealimentación excesiva en las vermicomposteras ya que puede afectar la calidad del producto final, se recomienda ir alimentando según la población usada siempre revisando que se allá procesado la alimentación anterior.

Controlar el regado de las vermicomposteras realizando prueba de humedad que evite el enfangamientos del sustrato, las hidrataciones periódicas se deben realizar con agua reposada para evitar la presencia de cloro que afecte a los organismos participantes en el procesamiento de los desechos.

Durante el proceso de descomposición y procesamiento de los residuos a sustrato abra presencia de otros organismos que en su mayoría son benéficos para el proceso por lo que se recomienda permitir su presencia durante el proceso.

La separación de la lombriz del sustrato cuando el proceso ha terminado puede ser complejo por lo que se aconseja tener paciencia durante la separación para evitar la pérdida de lombrices.

Realizar pruebas periódicas de pH con papel tornasol con el fin de asegurar que la acidez dentro de las vermicomposteras se mantenga neutra para evitar alteraciones en el proceso.

Realizar muestras periódicas de temperatura y no exponer las lombrices a climas ni muy fríos ni muy calientes, se recomienda que la temperatura sea entre 15°C a 25°C para su correcto desarrollo.

Evitar alimentaciones con alimentos ácidos como tomate, cebolla, ajo, piña, cítricos como naranja, mandarina, limón etc. Ya que puede significar un amento del pH dentro la

Vermicompostera afectando negativamente la salud de las lombrices y su proceso de reproducción haciendo que el procesamiento de los residuos sea más lento.

Bibliografía

Alcaldía mayor de Bogotá (2019) *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura.* (s. f)..

https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Alcaldía Local San Cristóbal. (2015). *Puntos Críticos.* Bogotá D. C.

Alcaldía Mayor de Bogotá (2021). *Plan institucional de gestión ambiental PIGA 2021 – 2024*

alcaldía local de san Cristóbal.

http://gaia.gobiernobogota.gov.co/sites/default/files/sig/guias/ple-pin-pl017_san_cristobal_v1.pdf

Bohórquez, W. (2019). *El proceso del compostaje.* Google académico.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-X_1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=compostaje&ots=0IIQ3QZGta&sig=rsgGo_Ow4dbmL0f8LNp8b5jvuL0#v=onepage&q=compostaje&f=false

Cajas M, B 2012. *Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de vermicompost, a partir de lombricompostaje, en la ciudad de guayaquil.*

<http://201.159.223.180/bitstream/3317/968/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-7.pdf>

Chávez, C. 2021. *Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos.* Instituto

Internacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Educativo INDTEC, C.A.

http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/693/1299

Charro, I. (2020). *Evaluación de la eficiencia del vermicompostaje de desechos orgánicos en entornos educativos: caso colegio liceo Campoverde, quito, ecuador.* Repositorio digital

Universidad Internacional Sek.

https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3710/2/tesis_ingrid_2020.pdf

- Chucos, A 2020. *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero "el porvenir" _ el tambo. Escuela académica profesional de ingeniería ambiental.*
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV_FIN_107_TI_C_hucos_Palomino_2020.pdf
- Coyne, M. 2000. *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Trad. M Rasskin. Madrid, ES, Paraninfo. 416 p
- Departamento nacional de planeación. (2016). *Documento conpes 3874.*
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- De Sanzo, CA y Ravera, AR. 2000. *Como criar lombrices rojas californianas (en línea)*. Buenos Aires, AR, Programa de Autosuficiencia Regional. Consultado 15 enero. 2023.
<http://www.lombricesrojas.com.ar>. Fuente original.
- Edwards, C.A. (1988) *Break of animal, vegetable and industrial organic waste by earthworms.*, Edwars, CA, Neuhauser, E.F. (Eds). *Earthworms in waste and envirommental management*, SPB academic publishing BV, The hague, pp 21 – 31
- Kerguelén H, (2004). *Estimación de la Producción per cápita de residuos sólidos municipales mediante variables socioeconómicas.*
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21731/u258368.pdf?sequence=1>
- Manrique, C. M., & Ocampo, A. M. (2010). *Plan de emprendimiento de la empresa “lombrica”:* *producción y comercialización de humus de lombriz californiana en el valle del cauca.* Universidad Autónoma de Occidente, Cali.
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1450/TMD00593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Malaver, J. (2021). *Reciclaje, el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos. bogota.* <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos>
- Montevideo Ambiente. (2018). *Manual de vermicompostaje cómo reciclar nuestros residuos orgánicos.* Retrieved from <https://udelar.edu.uy/retema/wpcontent/uploads/sites/30/2018/09/imvermicompostajeinterior.pdf>
- Monroy, O. *Biorreactores Anaerobios*, Cuernavaca, Mexico. 1977
- Morales, M. J. C.; Fernández, R. M. V.; Montiel, C. A. y Peralta, B. B. C.(2009). *Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (Eisenia foetida).* BIOtecnia. 11(1):19-26.
- Pohland, F.G. *Critical Review and Summary of Leachate and Gas Production from Landfills*, EPA/600/S2-86/073, U. S. EPA Hazzardous Waste Engineering Reseach Laboratory, Cincinnati, OH, 1987
- Reyes, J. A. (2004). *El problema de la basuras en la Ciudad de Mexico. Ciudad de Mexico: Adolfo Christlieb Ibarrola.*
- Sainz H, Benítez E, Melgar R, Álvarez R, Gómez M, Nogales R. (2000) *Biotransformación y valorización agrícola de subproductos del olivar, orujos secos y extractados mediante vermicompostaje.* *Edafología.*;7(2):103- 111.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2013). *Plan Ambiental Local "San Cristóbal Humana con el ambiente".* Plan Ambiental, Secretaría Distrital de Ambiente, Cundinamarca, Bogotá D. C.

Serrano CT. 2004. *Evaluación de procesos de vermicompostaje para el tratamiento de residuos sólidos urbanos de la localidad de Tihuanacu. Tesis de Licenciatura.* Universidad

Catolica Boliviana. La Paz, Bolivia. 2004. 53p

Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A., & Mayo, J. P. (2007). *Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie.* REDVET. Revista Electrónica de

Veterinaria, VIII(8), 1-10

Somarriba R, J Y Guzmán F . 2004. *Guía de Lombricultura.* UNIVERSIDAD NACIONAL

AGRARIA. <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>