



**FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE
RESIDUOS ORGÁNICOS COMO APOORTE A UNA GESTIÓN
AMBIENTAL SOSTENIBLE.**

**CASO DE ESTUDIO: PLAZA DE MERCADO, MUNICIPIO DE
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.**

**Luz Amparo Gallego Otalvaro
Christian Felipe Rivera Murillo**

**Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Ambiental
Bogotá, 2019 – I**

Formulación de una propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una Gestión Ambiental Sostenible. Caso de estudio plaza de mercado, Municipio de Facatativá, Cundinamarca.

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Diana Rocío Hernández Rojas

Línea de Investigación:
Gestión Ambiental

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019

FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMO APORTE A UNA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE. CASO DE ESTUDIO: PLAZA DE MERCADO, MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

**Luz Amparo Gallego Otalvaro
Christian Felipe Rivera Murillo**

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Tabla de Contenido

| | |
|---|-----|
| Resumen..... | 12 |
| Abstract..... | 13 |
| 1. Introducción | 14 |
| 2. Antecedentes | 15 |
| 3. Planteamiento del problema..... | 16 |
| 3.2 Pregunta de investigación | 17 |
| 4. Justificación | 18 |
| 5. Objetivos | 20 |
| 5.1 Objetivo General..... | 20 |
| 5.2 Objetivos Específicos..... | 20 |
| 6. Marco referencial | 21 |
| 6.1 Marco Geográfico | 21 |
| 6.2 Marco situacional..... | 22 |
| 6.3 Marco Legal | 23 |
| 6.4 Marco teórico - conceptual | 27 |
| 6.5 Estado del Arte..... | 30 |
| 7. Metodología | 32 |
| 7.1 Diseño metodológico por objetivo..... | 37 |
| 7.2 Matriz metodológica..... | 45 |
| 8. Resultados, análisis y discusión de resultados..... | 47 |
| 8.1 Diagnostico de la situación actual de residuos orgánicos..... | 47 |
| 8.2 Comparación de alternativas de aprovechamiento de residuos orgánicos..... | 59 |
| 8.3 Propuesta de diseño para el aprovechamiento de residuos orgánicos..... | 76 |
| 9. Conclusiones..... | 103 |
| 10. Recomendaciones | 105 |
| 11. Bibliografía | 106 |
| 12. Anexos | 115 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Distribución de locales por actividad comercial..... | 22 |
| Tabla 2. Marco legal representativo..... | 23 |
| Tabla 3. Definición de variables metodológicas..... | 34 |
| Tabla 4. Diseño de tabla de resultados, Objetivo 1..... | 37 |
| Tabla 5. Criterios y rangos para el cálculo de la Importancia..... | 38 |
| Tabla 6. Identificación de resultados..... | 39 |
| Tabla 7. Fases de la metodología AMC..... | 40 |
| Tabla 8. Diseño de tabla de desempeño para cada alternativa..... | 41 |
| Tabla 9. Rangos del criterio 1: viabilidad técnica para cálculo de CSA..... | 41 |
| Tabla 10. Rangos del criterio 2: beneficio ambiental para cálculo de CSA..... | 41 |
| Tabla 11. Rangos del criterio 3: eficiencia en la descomposición para cálculo de CSA..... | 42 |
| Tabla 12. Rangos del criterio 4: beneficio económico para cálculo de CSA..... | 42 |
| Tabla 13. Rangos del criterio 5: calidad de la salud pública para cálculo de CSA..... | 42 |
| Tabla 14. Rangos del criterio 6: presión sobre el ecosistema para cálculo de CSA..... | 42 |
| Tabla 15. Rangos del criterio 7: inclusión social para cálculo de CSA..... | 43 |
| Tabla 16. Rangos del criterio 8: proliferación de vectores para cálculo de CSA..... | 43 |
| Tabla 17. Rangos del criterio 9: emisión de olores para cálculo de CSA..... | 43 |
| Tabla 18. Matriz metodológica..... | 45 |
| Tabla 19. Matriz RIA..... | 47 |
| Tabla 20. Priorización de Impactos con mayor importancia ambiental..... | 57 |
| Tabla 21. Análisis de alternativa 1: Vermicompostaje..... | 59 |
| Tabla 22. Análisis de alternativa 2: Digestión anaerobia (DA)..... | 61 |
| Tabla 23. Análisis de alternativa 3: Compostaje..... | 63 |
| Tabla 24. Lista de criterios..... | 65 |
| Tabla 25. Coeficientes de importancia relativa (CIR)..... | 66 |
| Tabla 26. Criterios con orden decreciente..... | 67 |
| Tabla 27. Criterio 1: Viabilidad técnica..... | 68 |
| Tabla 28. Criterio 2: Generación de producto..... | 68 |
| Tabla 29. Criterio 3: Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos..... | 69 |
| Tabla 30. Criterio 4: Beneficio económico..... | 69 |
| Tabla 31. Criterio 5: Salud pública..... | 70 |
| Tabla 32. Criterio 6: Presión sobre el ecosistema..... | 70 |
| Tabla 33. Criterio 7: Inclusión social..... | 71 |
| Tabla 34. Criterio 8: proliferación de vectores..... | 71 |
| Tabla 35. Criterio 9. Generación de olores ofensivos..... | 72 |
| Tabla 36. Matriz final de coeficientes..... | 73 |
| Tabla 37. Dimensiones del centro de transferencia..... | 81 |
| Tabla 38. Diseño del vermicompostador..... | 84 |
| Tabla 39. Diseño de esquema del ciclo del vermicompostador..... | 85 |
| Tabla 40. Diseño cámara de secado..... | 88 |
| Tabla 41. Diseño área de almacenamiento del producto obtenido..... | 89 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 42. Costos de construcción | 101 |
| Tabla 43. Costos operacionales..... | 101 |
| Tabla 44. Inversión inicial | 102 |
| Tabla 45. Ingresos | 102 |
| Tabla 46. Retribución de la inversión | 102 |
| Tabla 47. Utilidad | 102 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización Plaza de mercado municipal de Facatativá..... | 21 |
| Figura 2. Jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos | 27 |
| Figura 3. Los cuatro modelos de diseño | 29 |
| Figura 4. Mapa de plaza resaltando los locales encuestados | 33 |
| Figura 5. Diseño Metodológico | 36 |
| Figura 6. Etapas de desarrollo del objetivo 3..... | 44 |
| Figura 7. Evidencia de proliferación de vectores | 47 |
| Figura 8. Evidencia de inadecuada disposición de residuos orgánicos | 48 |
| Figura 9. Comerciante respondiendo la encuesta. | 48 |
| Figura 10. Entrevista a comerciante Blanca Obrero. | 49 |
| Figura 11. Evidencia de residuos | 49 |
| Figura 12. Evidencia de residuos no clasificados | 50 |
| Figura 13. Nivel educativo..... | 51 |
| Figura 14. Tiempo que lleva trabajando en la plaza | 52 |
| Figura 15. Tipo de residuo generado | 52 |
| Figura 16. Conocimiento sobre separación de residuos en el puesto de trabajo | 53 |
| Figura 17. Dónde depositan los residuos | 53 |
| Figura 18. A quién se le deja la gestión de los residuos | 54 |
| Figura 19. Hay suficiente cantidad de contenedores | 54 |
| Figura 20. Mecanismo de control de vectores | 55 |
| Figura 21. Han recibido capacitación | 55 |
| Figura 22. Conocimiento de tarifa de aseo por recolección de residuos | 56 |
| Figura 23. Opinión de necesidad de una técnica de aprovechamiento de RSO..... | 56 |
| Figura 24. Porcentaje de Importancia de los criterios | 67 |
| Figura 25. Resumen de la propuesta de diseño para el aprovechamiento de los RSO | 76 |
| Figura 26. Ubicación sugerida para el centro de transferencia..... | 77 |
| Figura 27. Resumen recolección y transporte de RSO a planta de vermicompostaje | 78 |
| Figura 28. Rutas para transporte de RSO | 78 |
| Figura 29. Sugerencia de ubicación de la planta de vermicompostaje | 79 |
| Figura 30. Ubicación de la planta de aprovechamiento de los RSO..... | 80 |
| Figura 31. Características de la Lombriz Roja Californiana | 82 |
| Figura 32. Sugerencia de diseño para manejo de Humus liquido..... | 83 |
| Figura 33. Diseño de distribución de pilas | 87 |
| Figura 34. Plano general de la planta de vermicompostaje a escala 1:100..... | 90 |
| Figura 35. Vista 3D de la planta de vermicompostaje..... | 91 |
| Figura 36. Plano de la zona de descarga escala 1:100 | 91 |
| Figura 37. Plano del vermicompostador escala 1:100 | 92 |
| Figura 38. Vista 3D de vermicompostador..... | 93 |
| Figura 39. Plano de camas escala 1:100 | 93 |
| Figura 40. Vista 3D de las camas | 94 |
| Figura 41. Vista 3D sistema de lixiviados | 94 |
| Figura 42. Plano cámara de secado escala 1:100..... | 95 |

| | |
|---|----|
| Figura 43. Vista 3D cámara de secado | 95 |
| Figura 44. Plano primer sub-área escala 1:100..... | 96 |
| Figura 45. Vista 3D primer sub-área escala 1:100..... | 96 |
| Figura 46. Plano segunda sub- área escala 1:100 | 97 |
| Figura 47. Vista 3D segunda sub- área | 97 |
| Figura 48. Plano tercer sub- área escala 1:100 | 98 |
| Figura 49. Vista 3D tercer sub-área | 98 |
| Figura 50. Plano de área de almacenamiento escala 1:100..... | 99 |
| Figura 51. Vista 3D del área de almacenamiento | 99 |

Lista de anexos

| | | |
|------------------|--|-----|
| Anexo 1. | Resumen caracterización de residuos sólidos en la plaza de mercado municipal | 115 |
| Anexo 2. | Encuesta realizada a los comerciantes de la plaza de mercado de Facatativá | 116 |
| Anexo 3. | Entrevista realizada a administrador de la plaza de mercado de Facatativá | 118 |
| Anexo 4. | Matriz identificación de impactos..... | 119 |
| Anexo 5. | Programa de capacitación | 123 |
| Anexo 6. | Dimensiones para el centro de transferencia..... | 126 |
| Anexo 7. | Entrevista realizada al lombricultor Andrés Garcés | 126 |
| Anexo 8. | Mapa: cartografía rural, usos propuestos | 127 |
| Anexo 9. | Dimensiones de la planta de vermicompostaje | 127 |
| Anexo 10. | Costos separación en la fuente | 128 |
| Anexo 11. | Costos centro de transferencia | 128 |
| Anexo 12. | Costos zona de recepción | 129 |
| Anexo 13. | Costos vermicompostador..... | 129 |
| Anexo 14. | Costos administración | 133 |

Acrónimos

S.G.A: Sistema de gestión ambiental

RSNM: Relleno sanitario nuevo Mondoñedo

PGIRS: Plan de gestión integral de residuos sólidos

RS: Residuos sólidos

RSO: Residuos Sólidos Orgánicos

AMC: Metodología Análisis Multi-criterio

ALC: América Latina y el Caribe

Resumen

En la plaza de mercado del municipio de Facatativá se produce el 84 % de residuos sólidos orgánicos según lo estimado por Pastor (2017), además carece de un manejo adecuado de estos, puesto que los RSO al descomponerse, ocasionan olores ofensivos, vectores y alteración del ambiente de trabajo; situación que refleja un problema de salud pública que genera disminución en la calidad de vida de la población involucrada. A partir de esta situación se formuló una propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una Gestión ambiental sostenible. Caso de estudio: Plaza de Mercado, municipio de Facatativá, Cundinamarca. Para llevar a cabo este proyecto se realizaron varias visitas técnicas a la zona de estudio donde se aplicó una encuesta, con el fin de realizar el diagnóstico del lugar, recolección y análisis de información secundaria referente a alternativas de aprovechamiento con la intención de ser comparadas entre sí por medio de la metodología de Análisis Multicriterio (AMC). Lo que arrojó como resultado, el vermicompostaje como alternativa para el aprovechamiento de los RSO producidos en la plaza de mercado; por lo cual la propuesta se diseñó con base en los procesos llevados a cabo en está; comenzando por la separación en la fuente, mostrando la trazabilidad que los RSO llevarían a cabo hasta la planta de aprovechamiento, de la cual se realizó el diseño y la adecuación de instalaciones que permitan un óptimo desarrollo del ideal propuesto; aportando así a una gestión ambiental sostenible desde una visión holística de las dimensiones ecológicas, sociales y económicas articulando cada uno de sus actores involucrados.

Palabras claves: Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, Plaza de mercado, Metodología de análisis multi-criterio, Comparación de alternativas, Gestión ambiental.

Abstract

According to the data, 84% (Pastor Silva, 2017) of the solid waste organic is produced in the facatitva market, the inadequate disposal of this OWS causes a public health problem because at the moment the decomposition can cause a strong odor, vectors and a change significant in the work environment. All these elements combined cause a significant decrease in the quality of life of the population. Regarding this situation, the proposals made consist of the majority of OWS as a contribution to sustainable environmental management. Case study: Municipal Market Square of Facatativá, Cundinamarca. To continue with this project, several clinical visits were made to the study area, and it was ensured that the objectives of the visit were a diagnosis of the area, an analysis of the secondary data related to the leverage of the alternatives, the intention is to compare each other through the multiple criteria decision analysis (MCDA). As a result of the comparison between the data, vermicomposting was the most optimal alternative for the seizure of OWS products in the market; Where the design was made based on the different processes carried out; Initially, a proposal that consists in the segregation of the waste, showing the traceability that OWS will face the Factory, in which the design and the facilities will be adequate to allow an optimal development of the proposal. thus contributing to sustainable environmental management from a holistic view of the ecological, social and economic point of view, unifying each individual of the population involved.

Keywords: Harnessing organic solid waste, Market Square, Multi-criteria analysis methodology, Comparison of alternatives, Environmental management.

1. Introducción

El presente proyecto aborda la problemática que incrementa la generación de GEI y lixiviados generada por el aumento en el volumen de los residuos sólidos orgánicos que son dispuestos en los rellenos sanitarios (Kiss y Encarnación, 2006). Este problema ha sido identificado desde hace varias décadas pero que pese a los esfuerzos realizados hasta ahora, la generación de los RSO aumenta año tras año, “lo que ha provocado que hoy en día genere una mayor importancia en la comunidad y al medio ambiente por parte de los principales generadores de RSO como lo son las plazas de mercado”(Salamanca, 2014).

La plaza de mercado ubicada en el municipio de Facatativá, Cundinamarca no se aleja de esta problemática, puesto que según la caracterización de RS realizada en la plaza por Pastor (2017) indicó que en este lugar se generan 37 toneladas mensuales de RSO, que no reciben un manejo adecuado y son depositados directamente en el RSNM. Por esta razón el profundizar sobre estrategias que permiten aprovechar los RSO de manera adecuada, fue un interés académico. Así mismo, debido al ámbito profesional como ingenieros ambientales surgió el interés de formular una propuesta de aprovechamiento de los RSO específica para la zona de estudio teniendo en cuenta tanto el componente ecológico, social y económico.

Formular una propuesta de aprovechamiento de RSO como aporte a una Gestión ambiental sostenible, conforma el objetivo principal del trabajo. La propuesta estableció las siguientes etapas de la investigación, en donde se realizó primero el diagnóstico de la situación actual de la plaza de mercado de Facatativá. Para ello se tuvo en cuenta la metodología de muestreo sistemático, con el fin de realizar una serie de entrevistas a comerciantes y funcionarios de la plaza de mercado. En seguida se realizó un análisis comparativo de las diferentes alternativas de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos, por lo cual se utilizó la metodología de análisis multi-criterio (AMC), lo que permite seleccionar la alternativa más viable y eficiente para el aprovechamiento de los RSO. Esto nos condujo a ilustrar por medio del programa vectorwork el diseño de la alternativa arrojada por la metodología AMC, buscando con ello la mejor opción para una posible implementación. Finalmente, se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la carrera, desarrollándose como línea de investigación la gestión ambiental.

2. Antecedentes

La plaza de mercado municipal de Facatativá, es una institución pública, en donde surten todo tipo de productos al público como: frutas, verduras, ropa, accesorios, calzado, carnes en canal, entre otros productos. El mayor porcentaje de los artículos comercializados en la plaza son traídos desde la Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS) y de cultivos. Hasta el año 2017, en el último periodo de gobierno del doctor Orlando Buitrago, fue administrada por el señor Johan Ávila y actualmente se encuentra bajo la vigilancia de Marco Tulio Cifuentes. Las instalaciones se encuentran abiertas de 7:00 am a 7:00 pm de lunes a sábados, y el domingo de 7:00 am a 5:00 pm. (M.T. Cifuentes, comunicado personal, 12 de febrero de 2019).

En torno a la generación de residuos orgánicos, la Alcaldía de Facatativá realizó en el año 2017 el informe *Caracterización de residuos sólidos en la plaza de mercado*, con el fin de implementar una estrategia de aprovechamiento, puesto que se generan 36,9319 toneladas al mes de residuos orgánicos, valor que equivale al 84% del total de residuos sólidos generados por la plaza municipal (ver anexo 1) (Pastor Silva, 2017) .Sin embargo, no se han tomado medidas claras y permanentes para tratar los residuos orgánicos que se generan; esto como consecuencia de los cambios administrativos y falta de organizacional a nivel interno, dejando a un lado iniciativas que podrían dar solución a los inconvenientes dados por los materiales orgánicos que son almacenados junto a otros residuos y llevados al relleno sanitario Nuevo Mondoñedo (M.T. Cifuentes, comunicado personal, 12 de febrero de 2019).

Pese al panorama presentado, no se han realizado estudios necesarios para efectuar un proyecto de aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos. Según los diálogos que se han entablado, actualmente existe interés por parte de los comerciantes y la administración de la plaza para contrarrestar las problemáticas provocadas por el manejo inadecuado de dichos residuos. Debido a lo anterior, surge por parte de los investigadores, quienes, gracias a su formación académica en Ingeniería Ambiental, obtuvieron las bases fundamentales para identificar, indagar y resolver problemáticas ambientales, con el fin de mitigar, prevenir, compensar o eliminarlos; de elaborar una propuesta de aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la plaza de mercado, de una manera que la comunidad municipal se involucre a partir de aprovechar este subproducto, por medio de la selección de una alternativa actual de aprovechamiento de los Residuos sólidos orgánicos (RSO).

Debido a la necesidad de plantear una propuesta acertada de aprovechamiento de residuos orgánicos en la plaza de mercado municipal, se encontró que, en los municipios de Colombia, se han venido implementando por parte de las instituciones de educación superior trabajos de grado que permitan a las alcaldías tener una mejor claridad en lo que se refiere al manejo y tratamiento de los residuos orgánicos. Entre estos trabajos se encuentran algunos realizados en la universidad Distrital Francisco José de Caldas, (2016); Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, (2016); etc.; los cuales permitieron darle un mejor curso al desarrollo de la investigación debido a que los municipios cuentan con características similares a Facatativá. Estos son rescatados en el estado del arte y utilizados en el documento actual.

3. Planteamiento del problema

A diario se observa cómo la generación de residuos se convierte en uno de los mayores desafíos para la humanidad debido al aparente desaprovechamiento de éstos. Al respecto, el informe *Global Waste Management Outlook*, publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la International Solid Waste Association (ISWA) (ONU Medio Ambiente, 2015); señala que la inadecuada gestión de los residuos sólidos se ha convertido en uno de los mayores problemas no solo ambientales, sino también económicos y de salud en todo el mundo.

En general, la producción porcentual significativa (50%) de residuos orgánicos está relacionada con la tendencia creciente en el consumo de diversos productos básicos como alimentos, por lo tanto, la gestión de dichos residuos se considera un problema ambiental importante para los gobiernos y los responsables de la formulación de políticas (ONU Medio Ambiente, 2015,p.52).

Puesto que, alrededor de diez años atrás, 2,9 mil millones de residentes urbanos generaban aproximadamente 0,64 kg de RSU por persona por día (0,68 mil millones de toneladas por año). Actualmente las cantidades han aumentado a unos 3 mil millones de residentes que generan 1,2 kg por persona por día (1,3 mil millones de toneladas por año). Lo que estima que ara 2025 esto probablemente aumentar a 4,3 mil millones de residentes urbanos que generan aproximadamente 1,42 kg / cápita / día de residuos sólidos municipales (2,2 mil millones de toneladas por año).(ONU Medio Ambiente, 2015, p.61)

A nivel nacional, el manejo de los residuos sólidos es una de las principales dificultades para la Gestión ambiental. de acuerdo con el documento CONPES 3874 (2016), en el cual se formulan los *Lineamientos de la política Nacional para la gestión integral de residuos sólidos*, el modelo económico presente en el país se basa en una producción y consumo lineal, donde los productos son desechados cuando pierden sus propiedades o simplemente ya no cumplen con la función para la cual fueron hechos, aportando a la generación de residuos sólidos, causando un crecimiento exponencial (Departamento Nacional de Planeación, 2016a).

A este respecto el Informe Nacional-2016 de Disposición Final de Residuos Sólidos, realizado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, señala que durante el año 2016 Colombia depositó alrededor de 11.300.794 toneladas en 275 sitios de disposición final, donde el departamento de Cundinamarca ocupa el 6to lugar con una cantidad aproximada de 532.857,80 toneladas dispuestas para el mismo año (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios-SSPD, 2016).

En relación con la generación de residuos sólidos, el mayor porcentaje de estos residuos en las ciudades colombianas pertenece a los residuos orgánicos, con un porcentaje de 60% siendo las principales fuentes generadoras, los restaurantes, hoteles y plazas de mercado, como se observa en el grafico 4 elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo, en su estudio *Tecnologías alternativas de disposición final de aprovechamiento de residuos sólidos* (Departamento Nacional de Planeación, 2016b,p.34) Así, el Departamento Nacional de Planeación, en su estudio

de la dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas, *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*, concluye que de la totalidad de desperdicios de alimentos las pérdidas ocurren en las fases de distribución y ventas minoristas con un 36% (Departamento Nacional de Planeación, 2016b).

El municipio de Facatativá Cundinamarca, no escapa a esta situación, debido a que no cuenta con ningún tipo de actividades agroindustriales, ni comerciales que logren tratar de forma adecuada los residuos que se generan. Calderón Gomez y Calderón Ospina (2016) afirman que “el residuo sólido predominante en el municipio de Facatativá es el material orgánico teniendo una alta diferencia con otros residuos generados” (P.55).

En lo relacionado con los productores de residuos orgánicos en el municipio, uno de los mayores generadores es la plaza de mercado, la cual está generando 44 ton/mes, de acuerdo al informe, *Generación de residuos sólidos plaza de mercado*, la cantidad porcentual que corresponde a residuos orgánicos es del 84% que equivalen a 36.9319 ton/mes (Pastor Silva, 2017).

La disposición de estos residuos se hace directamente al Relleno Sanitario de Nuevo Mondoñedo (sitio de disposición final de 43 municipios de Cundinamarca), eliminando la posibilidad de que se les aplique una alternativa de aprovechamiento, para que de una u otra manera se pueda minimizar el impacto ambiental que estos residuos generan (Defensoría del pueblo, 2010) . Ahora bien, es a partir de este desafío que se pretende formular una propuesta de aprovechamiento, con el fin de lograr un manejo ambiental sostenible de los residuos orgánicos, teniendo en cuenta los actores involucrados en el proceso.

3.2 Pregunta de investigación

¿Qué alternativa podría minimizar el volumen de residuos orgánicos que van a disposición final generados en la zona de estudio?

4. Justificación

El constante aumento de la generación de residuos sólidos orgánicos en América Latina y Cibe (ALC), está relacionada con el crecimiento económico en donde una cantidad significativa de personas están dejando la pobreza para unirse a una clase media, patrones de producción y consumo claramente insostenibles ligados a una economía lineal (ONU Medio Ambiente, 2015). Con base a lo anterior, el *Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe*, hace énfasis en el objetivo 11 de desarrollo sostenible (ODS) *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*, ya que una de sus metas indica que existe una gran oportunidad de mejora en ALC, referente a las tasas de reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos municipales (CEPAL, 2018, P.60).

La inadecuada gestión de los residuos orgánicos conduce de manera directa a la generación de impactos ambientales. En el componente ecológico los impactos se deben, a que la mayoría de RSO son llevados directamente al relleno sanitario, en donde continúan su proceso de descomposición. En este proceso se liberan gases de efecto invernadero, tales como el metano (ch₄) y dióxido de carbono (co₂) que contribuyen a un aumento global de temperatura, ocasionando como impacto el deshielo de los polos (Filippi, 2016) En el componente económico, el impacto se evidencia con el aumento de los costos en la tarifa de disposición, la cual es asociados al despilfarro de posibles materias primas no utilizadas. Por esto, “El Banco Mundial concluye que, hacia 2025, el costo económico de manejar los residuos será cuatro veces mayor en los países de ingresos medios, como los latinoamericanos”(CEPAL, 2018, P.46).

En el componente social, el impacto se observa cuando la salud pública, se ve afectada por la proliferación de animales transmisores de enfermedades en los lugares de acumulación de estos residuos(Consecuencias de la generación de residuos, s.f.) Desafortunadamente, las prácticas no saludables se mantienen y tal como observa Laura Tuck, vicepresidenta de desarrollo sostenible del Banco Mundial, “la mala gestión de los desechos está perjudicando la salud humana y los entornos locales, agravando al mismo tiempo los desafíos que plantea el cambio climático” (Como se cita en Schrader king y Liu, 2018)

En el Municipio de Facatativá, ubicado en Cundinamarca, Colombia, se observa la situación mencionada anteriormente, específicamente en la Plaza de mercado municipal, donde la composición física de los residuos sólidos generados está constituida en un 84 por ciento por residuos sólidos orgánicos (RSO). Allí el día martes, reconocido en el municipio como el día de mercado, se genera durante la actividad comercial la mayor cantidad de dichos residuos a la semana. Estos son recolectados el día miércoles y depositados al Relleno sanitario nuevo Mondoñedo (RSNM), por parte Servigenerales S.A ESP. Esta empresa está encargada actualmente del servicio de aseo de la plaza de mercado municipal (Pastor Silva, 2017). Es por esto que urge la necesidad de identificar diferentes alternativas de tratamiento que se estén realizando a nivel global y local, con el fin de compararlas y seleccionar la que se podría adecuar a las características de generación de RSO de la plaza de mercado.

De este modo, el objeto de presente trabajo consiste en diseñar una propuesta de aprovechamiento para el tratamiento de los residuos orgánicos que contribuya a una Gestión Ambiental Sostenible en pro de la conservación de un ambiente sano. Consecuentemente, transformar los residuos orgánicos, generará valor a este desecho al otorgarle un incentivo económico a un producto no utilizado. Además, se obtendrá un beneficio ecológico al reconvertir estos residuos orgánicos que se generan en gran cantidad, disminuyendo las problemáticas ambientales provenientes de la inadecuada gestión, ya que la comunidad involucrada es la más vulnerable debido a su actividad comercial.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Formular una propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una Gestión Ambiental Sostenible. Caso de estudio: Plaza de Mercado, municipio de Facatativá, Cundinamarca

5.2 Objetivos Específicos

- Generar un diagnóstico del estado actual de los residuos sólidos orgánicos en la zona de estudio.
- Realizar un análisis comparativo de las diferentes alternativas de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos.
- Diseñar la propuesta de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en la zona de estudio.

6. Marco referencial

6.1 Marco Geográfico

El presente proyecto se desarrolló en el municipio de Facatativá, departamento de Cundinamarca; donde se ubica la plaza de mercado municipal. Este es conocido como la capital de la Provincia de la Sabana de Occidente. Debido a que es el cuarto municipio más poblado a nivel departamental, con una extensión territorial de 15.827 hectáreas de las cuales 583,13 hectáreas corresponden al área urbana y 15.244,92 hectáreas al área rural (Alcaldía Municipal de Facatativá en Cundinamarca, 2018). Cuenta con una población de 139.364 habitantes para el año 2017 (DNP, 2017,P.3).

Facatativá limita por el norte con los municipios de Sasaima, La Vega y San Francisco; por el sur, con Zipacón, Bojacá y Anolaima; por el oriente con Madrid, El Rosal y Bojacá; por el occidente, con Anolaima y Albán. Además, se encuentra 42 kilómetros distante de Bogotá D.C.(DNP, 2017).

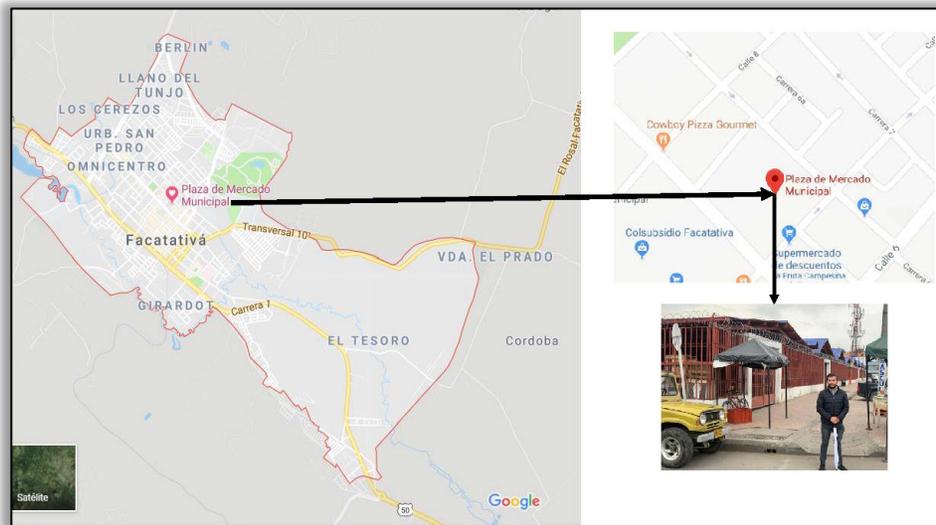


Figura 1. Localización Plaza de mercado municipal de Facatativá

Fuente: Autoría propia por medio de Google-maps

La temperatura media del municipio es de 14°C y generalmente varía de 7°C a 19°C, la época del año que presenta mayor temperatura se encuentra entre los meses de enero a marzo y con menor temperatura entre los meses de octubre a diciembre (Weather Spark, s.f.). Facatativá presenta una precipitación bimodal variando anualmente entre 600 – 1200 mm, donde los meses con mayor precipitación son marzo y octubre, los de menor son enero y julio (Lobatón Ríos y Marín Alzate, 2011). La humedad relativa es del 77 por ciento, la dirección predominante de los vientos en Facatativá es sur-este con una velocidad promedio de 4,5 m/s con una altura de 10 metros de la superficie. La radiación solar del municipio oscila entre 3,5 kWh/m² y 4 kWh/m²

(Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM y Unidad de planeación minero energética- UPME, 2015, P.22).

La economía del municipio de Facatativá, se da en mayor medida en el sector primario, en donde se encuentra la agricultura, la cual comprende una gran variedad de cultivos, entre los que se destacan: flores, papa, arveja, maíz y fresa. La producción del municipio se comercializa principalmente en Bogotá y en los municipios cercanos. El sector secundario se encuentra la actividad industrial, está representada por empresas que producen alimentos, cosméticos, joyas, jabones, refinería y concentrados para animales, algunas de estas son: Arrocera de la Sabana, Raza, Yanbal, Alpina, Alimentos Polar, el complejo industrial de ECOPETROL, entre otras (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2002a).

6.2 Marco situacional

La plaza de mercado municipal, se encuentra ubicada en el perímetro urbano de Facatativá, entre las calles 7ª, 7ª a y las carreras 5ª y 6ª, pertenecientes a la zona centro del municipio. Se encuentra bajo la dirección de la Secretaria de desarrollo agropecuario y medio ambiente. La cual cuenta con una subdirección administrativa y financiera quien es la encargada de realizar las funciones de cobranza a cada uno de los comerciantes que están ocupando los locales al interior de la plaza y quien indirectamente vigila a la empresa contratista de aseo de que realice su función correctamente (M.T. Cifuentes, comunicado personal, 12 de febrero de 2019).

La plaza municipal está organizada por trece pabellones, los cuales se denominan: Malla A y B Batan I, II y III, Pesetas I y II, Playa I y II, Mayoristas, Cocinas y Pescado; con un total de 294 locales, los cuales están siendo utilizados por los comerciantes, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1.

Distribución de locales por actividad comercial

| Actividad por pabellón | Número de locales |
|--|--------------------------|
| Playa I y Playa II (Venta de verduras, frutas y legumbres y víveres al detal) | 56 |
| Pesetas I y Pesetas II (venta de verduras, frutas y legumbres y víveres al detal) | 30 |
| Batan I y Batan II (Almacenes de ropa, calzado, ferretería electrodomésticos, uniformes, cortinas , insumos agrícolas, entre otras variedades) | 65 |
| Batan III (Venta de artesanías y vivero) | 22 |
| Malla A y Malla B (venta de verduras, frutas y legumbres y víveres al detal) | 64 |
| Mayoristas | 38 |
| Cocinas | 14 |
| Pescado | 5 |

Fuente: Autoría propia con base a información dada por (M.T. Cifuentes, comunicado personal, 12 de febrero de 2019)

6.3 Marco Legal

En el territorio colombiano se han establecido una serie de decretos, resoluciones y leyes en temas referentes al manejo de residuos sólidos. A continuación, se relaciona el marco legal aplicable al desarrollo del presente proyecto.

Tabla 2.

Marco legal representativo

| Normativa | Autoridad que avala | Contenido |
|--|---|---|
| Constitución Política de Colombia 1991 | Congreso de la Republica | Art 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano (Congreso de la República, 1991). |
| Ley 9 de 1979 | Congreso de la República | Por medio del cual se dictan las medidas sanitarias (Congreso de la República, 1979). |
| Ley 99 de 1993 | Congreso de la República | Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión del medio ambiente y los recursos naturales, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA (Congreso de la República, 1993). |
| Ley 142 de 1994 | Congreso de la República | Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República, 1994). |
| Ley 1259 de 2008 | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las |

| Normativa | Autoridad que avala | Contenido |
|-----------------------|---|---|
| | | normas de aseo, limpieza y recolección de escombros (Congreso de la República, 2008). |
| Ley 689 del 2001 | Congreso de la República | Por el cual se modifica la Ley 142 de 1994 (Congreso de la República, 2001). |
| Decreto 2811 de 1974 | Congreso de la República | Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección ambiental (Congreso de la República, 1974). |
| Decreto 1713 del 2002 | Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo, con relación a la Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial, 2002). |
| Decreto 1140 de 2003 | Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial | Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial, 2003). |
| Decreto 1505 de 2003 | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio del cual se regula la gestión integral de residuos sólidos (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003). |
| Decreto 838 de 2005 | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio del cual se reglamentan las disposiciones finales de residuos sólidos (Ministerio de Ambiente |

| Normativa | Autoridad que avala | Contenido |
|---------------------------|--|---|
| | | Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005). |
| Decreto 2436 de 2008 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Promueve la regionalización de los rellenos sanitarios (Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008). |
| Decreto 3570 del 2011 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2011). |
| Decreto 2981 de 2013 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio | Reglamento del Servicio Público de Aseo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2013). |
| Decreto Ley 1076 del 2015 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). |
| Decreto 596 del 2016 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 el aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio (Ministerio de Ambiente y |

| Normativa | Autoridad que avala | Contenido |
|-------------------------|---|--|
| | | Desarrollo Sostenible, 2016). |
| Resolución 1291 de 2006 | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006). |
| Resolución 754 del 2014 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). |
| Resolución 276 del 2016 | Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio | Por el cual se reglamenta los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio del reciclaje (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016) . |
| GTC 24 del 2009 | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Gestión ambiental, Guía técnica para la separación en la fuente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2009). |

Fuente: Autoría propia con base a la información consultada

6.4 Marco teórico - conceptual

En aras de posibilitar una mayor comprensión se presentan los conceptos básicos de las temáticas relacionadas con la investigación y así lograr una interpretación acertada de esta propuesta.

La **plaza de mercado** es interpretada como el epicentro de la vida urbana en numerosas ciudades y pueblos. Por lo tanto, es vital que el crecimiento de una plaza de mercado no implique que esta se convierta en una zona de invasión, suciedad, contaminación visual y auditiva (Jimenez, 2010). Así mismo “es un centro activo de negocios, de encuentro entre los productores y los comerciantes, pero también entre el campo y la ciudad. La mayoría de los productos que se venden en las plazas de mercado han sido cosechados recientemente”(El campesino.co, 2015); lo que las convierte en un **generador** “que produce residuos en desarrollo de las actividades”(Mora y Berbero, 2010). Estos pueden ser **residuos sólidos aprovechables** los cuales son considerados como, “cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo”(Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial, 2002, Art.1). Dentro de estos se encuentran los **residuos orgánicos** que “aunque la naturaleza los puede aprovechar como parte del ciclo natural de la vida, cuando se acumulan posibilitan la multiplicación de microbios y plagas, convirtiéndose en potenciales fuentes de contaminación de aire, agua y suelo”(Nuestraesfera, 2014).

Siguiendo esta línea, en Colombia, los residuos orgánicos se manejan bajo una **Política de gestión integral de residuos**, la cual propone una **Gestión integral de residuos sólidos**, “que incluya las etapas jerárquicamente definidas: Reducción en el origen, aprovechamiento y valorización de materiales orgánicos e inorgánicos, tratamiento y transformación para reducir volumen y peligrosidad y disposición final controlada (ver figura 2)” (DNP, 2016b). Además, esta política propone realizar **estrategias de gestión** “según los problemas de sostenibilidad que se están presentando en el país” (DNP, 2016b).



Figura 2. Jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos
Fuente: (DNP, 2016)

Con base a lo anterior, cabe resaltar que *la gestión ambiental*, “es una táctica por medio de la cual se establecen acciones de perfil antrópico que influyen sobre el ambiente a fin de conseguir una calidad de vida óptima” (El consejo de la república, 2013). Además se basa en el *desarrollo sostenible* el cual se define como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Bermejo, 1987, P.6).

El informe realizado por ONU Medio Ambiente (2018) indica que “la implementación de estos sistemas de gestión es compleja considerando que los residuos orgánicos representan en promedio el 50% de los desechos generados por los países de ALC, pero son los que menos se gestionan” (p.6). A esto se suma que, “el éxito de los sistemas de gestión de residuos requiere el involucramiento de los diferentes actores, así como un esfuerzo educacional y comunicacional para promover cambios de conducta” (ONU Medio Ambiente, 2018, P.12).

Otro concepto que vale la pena abordar es *aprovechamiento*, el cual, según la literatura técnica se define como “el proceso mediante el cual los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad”. El término *recuperación* “es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos”. *El tratamiento* “es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana (Ministerio de Desarrollo económico, 2002). Así pues, considerando las definiciones expuestas, es viable afirmar que a un residuo se le puede generar un valor agregado.

A partir de lo descrito anteriormente, existen algunas *alternativas de aprovechamiento* que incitan la reutilización de estos residuos. Dentro de estas se encuentra el compostaje, técnica que “ha conducido a la conversión de residuos orgánicos en abono útil para la agricultura orgánica, a un ritmo más rápido que la descomposición natural” (Vanegas, 2012). Del mismo modo, el informe de *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y El Caribe* realizado por la ONU de Medio Ambiente en donde se insta a promover la separación en origen de los residuos orgánicos e incentivar su aprovechamiento mediante prácticas sostenibles, como el compostaje, menciona que existen casos de éxito de instalaciones de compostaje gubernamentales, público-privadas, privadas, comunales o de asociaciones vecinales en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Panamá, entre otros (ONU Medio Ambiente, 2018, P.79).

Finalmente, para asegurar el aprovechamiento de los residuos y cambiar la forma en la que actualmente se produce y se consume, basada en una *Economía Lineal* de extracción-producción-consumo-desperdicio. Lo que se quiere es pasar a una *Economía Circular*, una que cierre los ciclos de producción y mantenga un flujo constante de recursos naturales. Para ello se

recomienda que, al asumir el rol de *diseño* de un proceso de reciclaje, se debe tener en cuenta el siguiente esquema, dado en la siguiente figura 3 (ONU Medio Ambiente, 2018).

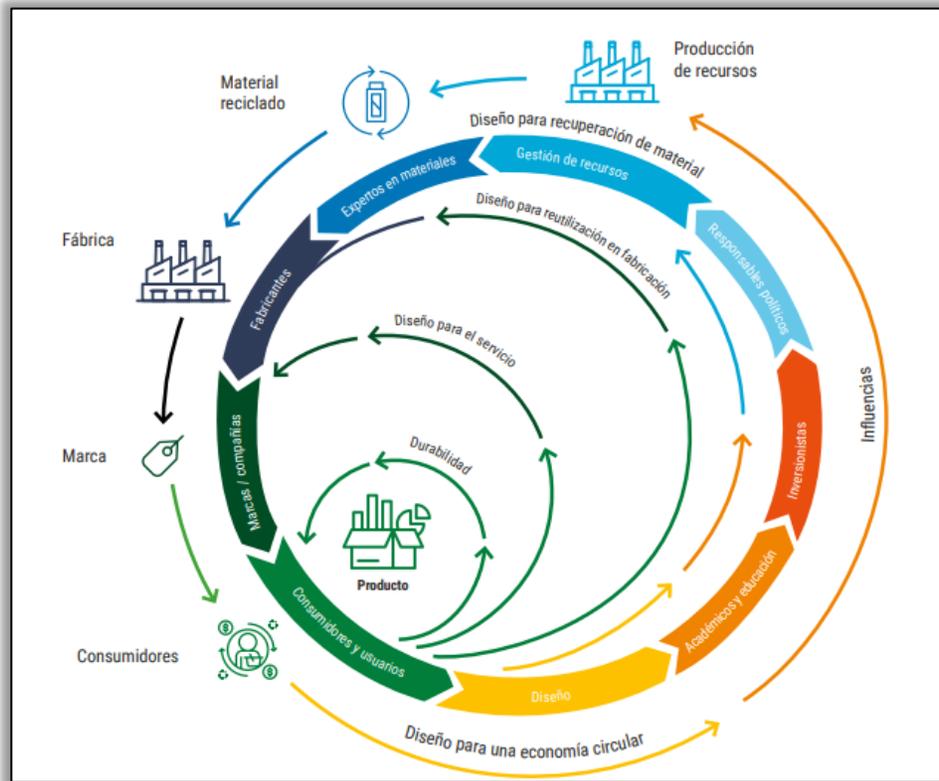


Figura 3. Los cuatro modelos de diseño
Fuente: (ONU Medio Ambiente, 2018)

6.5 Estado del Arte

El estado del arte comprende varios documentos de trabajos de investigación, informes, y guías realizadas a nivel global y local, en busca de conocimiento actual que existe sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Además, aproximar a los investigadores a establecer de que otras maneras se puede llevar a cabo la temática tratada.

6.5.1 Global

El artículo *la digestión anaeróbica de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBiol*, tiene como fin utilizar la digestión anaeróbica como tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en la División académica de ciencias biológicas. Para dar cumplimiento al objetivo del trabajo, la metodología selecciona la digestión anaerobia como alternativa para el tratamiento de los residuos orgánicos mediante la degradación de la materia orgánica, produciendo biogás que puede ser utilizado como energía (Tapia, Laines y Sosa, 2016).

Por otra parte, el artículo *La implementación del método de compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la ciudad de Loja, Ecuador* tiene como finalidad implementar una nueva técnica de compostaje que puede ser utilizada para la descomposición de residuos de manera rápida, económica y ambientalmente amigable. La aplicación del método Takakura fue probado en el Centro integral de residuos sólidos de la ciudad de Loja. La obtención del abono orgánico se obtiene a partir del reciclaje de residuos biodegradables, que en mucho de los casos son arrojados sin ningún tratamiento. Por lo que el método consistió en descomponer con la ayuda de microorganismos la materia orgánica, los resultados obtenidos de esta técnica se constituye en una alternativa para aprovechar los residuos sólidos biodegradables e incluso los líquidos como el aceite de cocina, ya que permite que los microorganismos los descompongan obteniendo un abono de calidad, el cual se puede utilizar para mejorar el contenido de materia orgánica en suelos agrícolas, áreas verdes y jardines (Hernández, Torres y Ramírez, 2017).

Además, la tesis *Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento y reducción de los residuos orgánicos generados por tres empresas del Gran Área Metropolitana* tiene como fin implementar un proyecto de gestión ambiental para el tratamiento y reducción del 20% de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la gran área metropolitana. El proyecto evaluó la aplicación del método de compostaje Takakura, con el fin de tratar y reducir los residuos orgánicos generados en tres empresas. Para ello, se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados, los cuales se caracterizaron y destinaron para disposición final y posterior tratamiento con el método de compostaje Takakura. Adicionalmente se implementaron dos encuestas; una basada en el manejo y tratamiento que se brinda a los residuos orgánicos, con el fin de valorar el conocimiento que tenían los colaboradores respecto al tema. La segunda encuesta se realizó por medio de la Norma Técnica Española NTP 578, con el objetivo de explorar la percepción al riesgo que existía entre los colaboradores de las tres empresas involucradas (Rodríguez, Monestel y Víquez, 2018).

6.5.2 Nacional

Según el artículo *Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos*, en la ciudad de Pasto, se analizó que la porción orgánica de los residuos se convierte en una materia prima alternativa, económica y nutricionalmente aceptable para la alimentación animal. Para garantizar un adecuado aprovechamiento se tiene que almacenar en sitios de conservación anaeróbica para evitar la descomposición de estos. La alternativa que propone este trabajo fue el ensilaje, la cual es una técnica de conservación que utiliza la fermentación anaerobia para aprovechar la energía y fibra disponible en los residuos orgánicos, convirtiéndose en una alternativa que ayuda a minimizar los costos en la alimentación animal y contrarresta la contaminación ambiental causada por la disposición y uso inadecuado de los mismos (Ramírez, Peñuela y Pérez, 2017).

De la misma manera, el artículo *Perspectivas de aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales*, se planteó diferentes perspectivas de aplicación del compostaje en Colombia. En el caso del departamento del Huila, en regiones como La Plata, Garzón y Pitalito cuentan con plantas de manejo de residuos sólidos, donde los residuos orgánicos se tratan a través de compostaje en pilas estáticas sin aireación. Los tiempos de transformación y maduración son prolongados y afectan la disponibilidad de espacio y la calidad del producto y en ninguna de las plantas se controla el proceso ni la calidad del producto. Para el caso del Valle del Cauca, también se realizan procedimientos similares de compost para el tratamiento de los residuos orgánicos, allí se realiza de forma artesanal donde no se consideran variables como cantidad y características de las materias primas, necesidades operacionales y condiciones ambientales (Oviedo, Marmolejo, y Torres, 2012).

6.5.3 Regional

Se identificó en el proyecto *Gestión de residuos orgánicos en las plazas de mercado de Bogotá* realizado por el Departamento técnico administrativo del Medio Ambiente de Bogotá y el Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana de Bogotá tuvo como objetivo evaluar las alternativas de gestión para los residuos orgánicos en las plazas de mercado propiedad del distrito Capital, y la Central de Abastos CORABASTOS, estableció que las alternativas de aprovechamiento adecuadas son la lombricultura, el tratamiento físico de disminución de partículas, transformación química de hidrólisis (ácida o alcalina), proceso biológico aeróbico y biológico anaeróbico (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente [DAMA], Programa de Fortalecimiento y Institucional para la Gestión Ambiental Urbana de Santafé de Bogotá [PNUD], 2000).

Adicionalmente, en el municipio de Pacho, Cundinamarca en su *Plan de gestión integral de residuos sólidos*, realizó como propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios la puesta en marcha de su planta de aprovechamiento ubicada en la vereda Monte Verde para tratar los residuos orgánicos por medio de pilas de compostaje, donde se realiza una ruta de recolección selectiva enfocada en residuos orgánicos. Estos residuos acopiados reciben

un tratamiento especial para ser convertidos en abono orgánico (Consortio PGIRS Cundinamarca, 2016).

7. Metodología

Enfoque. El presente trabajo será desarrollado bajo un enfoque mixto, ya que los objetivos específicos involucran tanto partes cualitativas como cuantitativas. Según Sampieri, el enfoque cualitativo es una recolección de datos sin medición numérica y el enfoque cuantitativo se basa en la recolección de datos para probar una hipótesis, con base a la medición numérica y un análisis estadístico, por lo tanto, el análisis de encuestas y la recolección de datos para análisis conforman el enfoque de investigación (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2006).

Alcance: El alcance de este proyecto es descriptivo, debido a que se obtiene una descripción del estado actual, los componentes, factores, procesos y procedimientos, que se evidencian de forma de natural, en el suceso a tratar. Correlacional, porque permite generar posibles predicciones de la respuesta del fenómeno en relación con las alternativas de aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Unidad de análisis: En este proyecto investigativo la unidad de análisis se enfoca en las diferentes alternativas de aprovechamiento para los residuos orgánicos, las cuales deben ser acorde para el cumplimiento y posible puesta en marcha de la propuesta en la Plaza de Mercado de Facatativá.

Muestra poblacional: Para poder seleccionar y totalizar la población representativa del estudio, con el fin de realizar las encuestas. se tiene en cuenta la metodología de muestreo sistemático debido a, su fácil aplicación y a su calidad regular (Cantoni, 2009).

El muestreo sistemático se basó en la escogencia de la población, teniendo en cuenta la similitud de las características y variables del grupo. Para este caso, se seleccionó al grupo de comerciantes y ayudantes de los puestos de trabajo de la plaza de mercado de Facatativá. Esta cuenta con 294 puestos divididos en pabellones denominados: Malla A y B, Batan I, II y III, Pesetas I y II, Playa I y II, Mayoristas, Cocinas y Pescado. La mayoría de los locales son atendidos por el propietario; sin embargo 20 locales cuentan con un asistente o ayudante.

Por consiguiente, fue necesario estimar una muestra representativa del 30% de la totalidad de la población, valor que equivale a 94 personas, las cuales fueron encuestadas. En tercer lugar, se realizó una lista ordenada de los puestos de trabajo. Finalmente, para la puesta en marcha de la encuesta se aplicó una prueba piloto, donde se escogió a 5 personas al azar para establecer que está estuviera clara y concisa, con el fin de que el lenguaje fuera adecuado para la población de muestra.

Cálculos para la muestra poblacional

1. Lista ordenada de los puestos de trabajo (Ver figura 4)
2. Tamaño de la muestra (m):

$$m = \frac{\text{Total de la población}}{\text{Porcentaje de la población}}$$

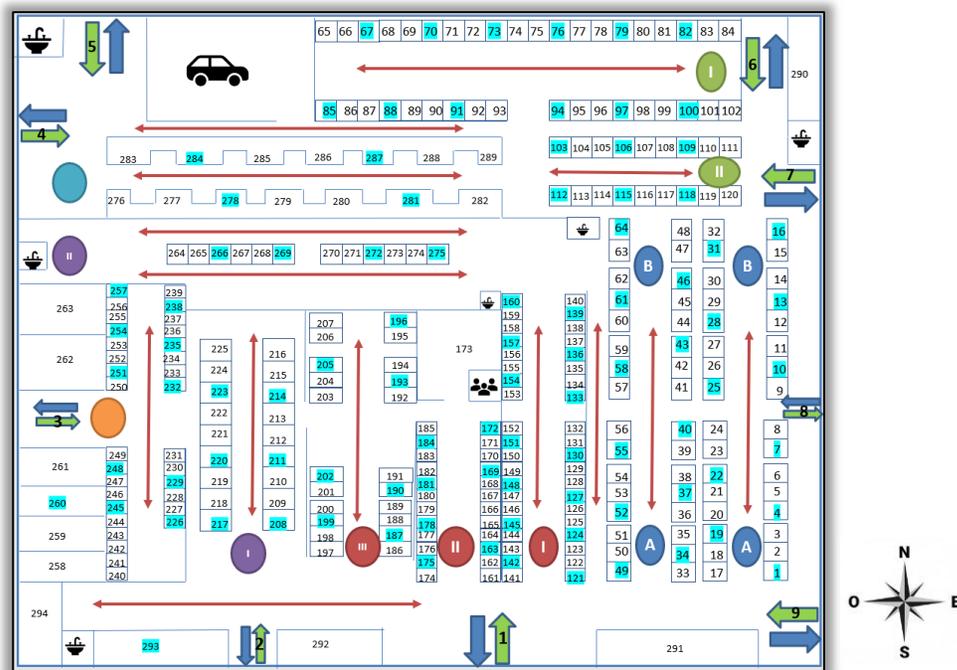
$$m = \frac{314}{30} \times 100 = 94$$

3. Cálculo del intervalo para escoger los individuos:

$$K = \frac{\text{Total de la población}}{m}$$

$$K = \frac{314}{94} = 3,3 \approx 3$$

Se seleccionó el primer comerciante de la lista ordenada y posteriormente cada 3 puestos de trabajo se realizó la encuesta, debido al intervalo que arrojó la metodología del muestreo sistemático como se muestra en la (ver figura 4).



Variables. En la siguiente tabla se muestran las variables para desarrollar los objetivos específicos.

Tabla 3.

Definición de variables metodológicas

| Dimensión | Variable | Aspectos | Características | Indicadores/ Descripción | Técnica/ Instru- mento | Fuente de informa- ción |
|-----------|-----------------------|---|---------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| Social | Educación | Educación ambiental | Primaria | $\frac{\# \text{ de personas con educación primaria}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | Análisis de Encuestas | Encuestas / Visitas Técnicas |
| | | | Secundaria | $\frac{\# \text{ de personas con educación secundaria}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | | Técnica | $\frac{\# \text{ de personas con educación técnica}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | | Universitaria | $\frac{\# \text{ de personas con educación universitaria}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| Salud | Afectación a la salud | Proliferación de vectores Exposición | | $\frac{\text{Tipo de control de vectores}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | | | $\frac{\text{Horas diarias trabajadas}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| Ecológico | Residuos orgánicos | Residuo generado | Tipo de residuo | $\frac{\text{Tipo de residuo generado}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | Análisis de Encuestas | Encuestas / Visitas Técnicas |
| | | Separación en la fuente | Conocimiento | $\frac{\# \text{ de personas con conocimiento}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | Disposición final | Tipo de disposición | $\frac{\# \text{ de personas capacitadas}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | | | $\frac{\text{Tipo de disposición final}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |

FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMO APORTE A UNA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE. CASO DE ESTUDIO: PLAZA DE MERCADO, MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

Luz Amparo Gallego Otalvaro
Christian Felipe Rivera Murillo

| Dimensión | Variable | Aspectos | Características | Indicadores/ Descripción | Técnica/ Instru- mento | Fuente de informa- ción |
|------------------|-----------------|-----------------------------|--|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| | | Contaminación | Aspecto ambiental | $\frac{\text{tipo de deposición}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | Análisis de Encuestas | Encuestas / Visitas Técnicas |
| | | Alternativa | Conocimiento del trabajador | $\frac{\text{Responsable de manejo de residuos}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| | | | Aceptación de técnica de aprovechamiento | $\frac{\# \text{ de personas con disposición de aprender}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | | |
| Económico | Inversión | Costo por disposición final | Conocimiento tarifa de aseo | $\frac{\# \text{ de personas que conocen el costo}}{\# \text{ de personas enuestadas}} \times 100$ | Análisis de Encuestas | Encuestas / Visitas Técnicas |

Fuente: Autoría propia

Diseño metodológico: En la siguiente figura se muestra el esquema del diseño metodológico.

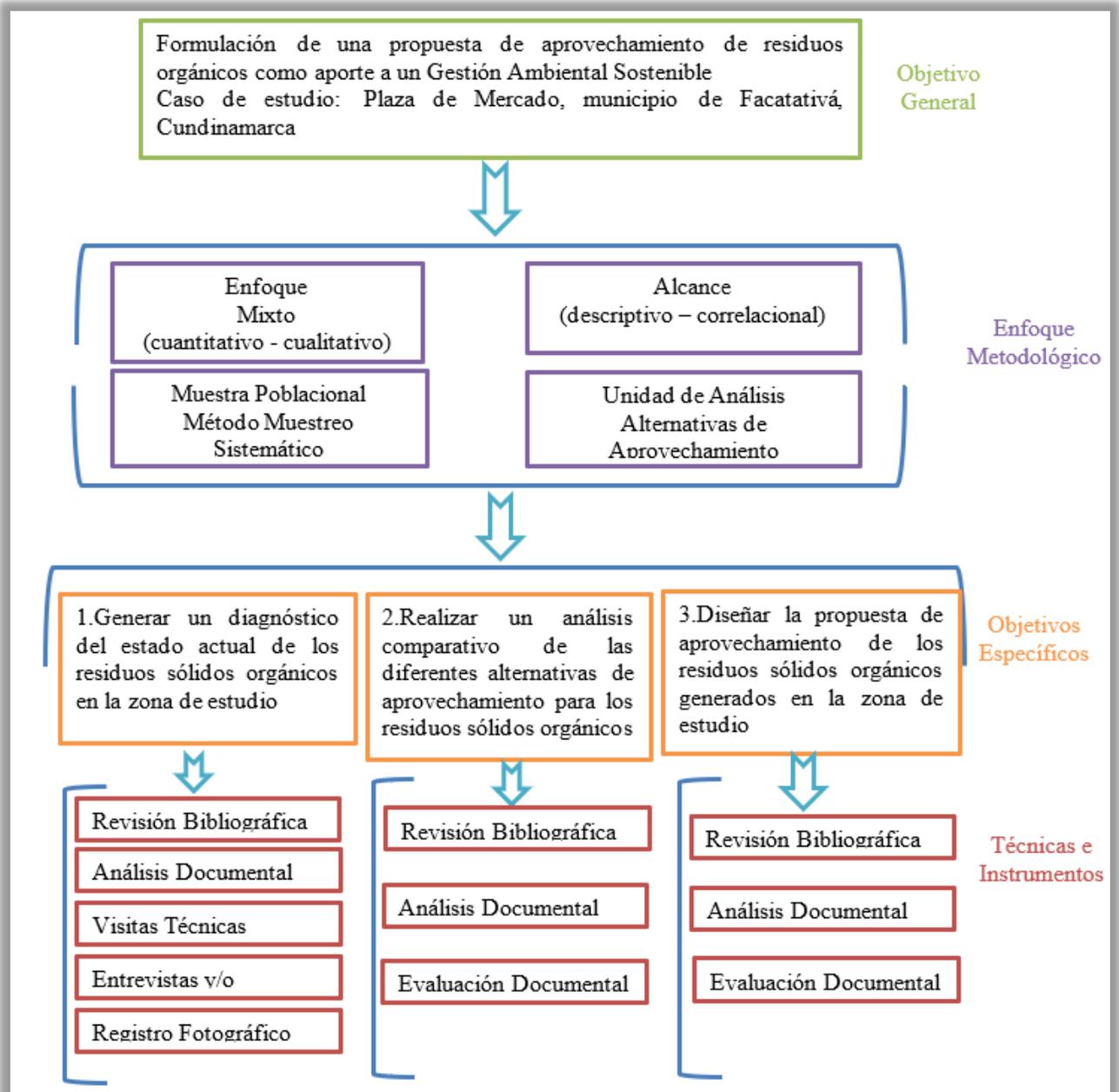


Figura 5. Diseño Metodológico
Fuente: Autoría propia

7.1 Diseño metodológico por objetivo

- **Objetivo específico 1.** Generar un diagnóstico del estado actual de los residuos orgánicos en la zona de estudio.

Enfoque: Este objetivo se desarrolló bajo un enfoque mixto, por medio de un análisis bibliográfico y visitas técnicas complementadas con encuestas.

Alcance: El alcance de este objetivo fue exploratorio, debido a que la información recolectada por medio de las encuestas, observación directa y el análisis de la información bibliográfica permitió identificar los impactos a nivel ecológico, social y económico presentes en la plaza de mercado.

Técnicas e instrumentos para recolección de la información: El desarrollo del diagnóstico se hizo por medio de varias visitas técnicas las cuales tuvieron como fin recopilar información acerca del manejo de los RSO en la plaza de mercado del municipio, gracias a estas se pudo conocer la localización de la plaza, responsable de la administración, tipo de actividades realizadas referentes al manejo de los residuos orgánicos, tomar fotografías, realizar el modelo de encuesta y entrevista (Ver Anexo 2 y 3).

Técnicas e instrumentos para el análisis de la información: Estas se basaron en fuentes de información primaria recolectada directamente en la zona de estudio. Dentro de los instrumentos utilizados se encuentran las visitas técnicas complementadas con encuestas y fotografías, que permitieron determinar las afectaciones al interior de la plaza de mercado a causa de las acciones que se realizan referentes al manejo de los residuos orgánicos. Para ello se realizó una tabla basada en la matriz de Revisión inicial ambiental (RIA), con el fin de realizar el análisis de la situación actual e identificar los principales impactos generados dentro de los componentes biofísicos y socioeconómicos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Diseño de tabla de resultados, Objetivo 1

| Dimensión | Situación Evidenciada | Efecto | Fotografía |
|-----------|-----------------------|--------|------------|
| Ecológico | | | |
| Social | | | |
| Económico | | | |

Fuente: Autoría propia

Por otra parte se utilizó la matriz de Leopold junto al método de Conesa simplificado con el fin de identificar y evaluar los impactos ambientales de las acciones referentes al inadecuado manejo de los residuos orgánicos en la plaza, puesto que estas son de tipo causa- efecto y constan de un cuadro de doble entrada, en donde los factores medioambientales susceptibles de recibir impacto ocupan las filas y las acciones impactantes las columnas (Arboleda, 2008, P.15 y 39). Esta unión

se modificó de acuerdo a las características específicas del proyecto como se muestra en el anexo 4, en base a los criterios de evaluación que se muestran en la tabla 5 y 6.

Tabla 5.

Criterios y rangos para el cálculo de la Importancia

| Criterio | | Significado | Rango | Valor |
|-----------------|----|---|---------------------|--------------|
| Naturaleza | NA | Hace alusión al carácter benéfico o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. | Impacto benéfico | + |
| | | | Impacto perjudicial | - |
| Intensidad | IN | Grado de destrucción sobre el factor en el área en la que se produce el efecto. | Baja | 1 |
| | | | Media | 2 |
| | | | Alta | 4 |
| | | | Muy alta | 8 |
| Extensión | EX | Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto. | Puntual | 1 |
| | | | Parcial | 2 |
| | | | Extensa | 4 |
| | | | Total | 8 |
| | | | Crítica | (+4) |
| Momento | MO | Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. | Largo plazo | 1 |
| | | | Medio Plazo | 2 |
| | | | Inmediato | 4 |
| | | | Crítico | (+4) |
| Persistencia | PE | Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales. | Fugaz | 1 |
| | | | Temporal | 2 |
| | | | Permanente | 4 |
| Reversibilidad | RV | Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales o una vez deje de actuar sobre el medio. | Corto plazo | 1 |
| | | | Medio plazo | 2 |
| | | | Irreversible | 4 |
| Sinergia | SI | Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. | Sin sinergismo | 1 |
| | | | Sinérgico | 2 |
| | | | Muy sinérgico | 4 |
| Acumulación | AC | Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. | Simple | 1 |
| | | | Acumulativo | 4 |
| Efecto | EF | Este atributo se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, | Indirecto | 1 |

| Criterio | Significado | Rango | Valor |
|--------------------|---|---------------------------|-------|
| | como consecuencia de una acción. | Directo | 4 |
| Periodicidad PR | Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. | Irregular o discontinuo | 1 |
| | | Periódico | 2 |
| | | Continuo | 4 |
| Recuperabilidad MC | Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (medidas de manejo ambiental). | Recuperable inmediato | 1 |
| | | Recuperable a medio plazo | 2 |
| | | Mitigable o compensable | 4 |
| | | Irrecuperable | 8 |
| Intensidad I | $I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$ | | |

Fuente: (Arboleda, 2008, P.41)

Tabla 6.

| Impacto | Valores | Color |
|------------|-----------------|-------|
| Aceptables | Inferiores a 25 | |
| Moderados | Entre 25 y 50 | |
| Severos | Entre 50 y 75 | |

Identificación de resultados

Fuente: (Arboleda, 2008, P.41)

- **Objetivo específico 2:** Realizar un análisis comparativo de las diferentes alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Enfoque: Este objetivo se desarrolló bajo un enfoque mixto. Debido a que se realizó una búsqueda bibliográfica relacionada a las alternativas actuales que han tenido éxito a nivel global y las propuestas en la legislación nacional. Posterior a esto se compararon las alternativas por medio de la metodología de Análisis Multicriterio conocida como AMC.

Alcance: El alcance de este objetivo fue descriptivo, debido a que se recolectó información secundaria que permitió definir variables para comparar alternativas de aprovechamiento de los RSO. Lo que permitió realizar el análisis y selección de la alternativa con mayor puntaje.

Técnicas e instrumentos para recolección de la información: Las técnicas e instrumentos utilizados para este objetivo se basaron en fuentes de información secundaria. Dentro de los instrumentos utilizados se encuentra la búsqueda bibliográfica, la cual permitió realizar una base

de datos sobre investigaciones y artículos relacionados con el aprovechamiento de RSO. Esta búsqueda de información se pudo organizar y sintetizar en el estado del arte con el fin de lograr una mayor comprensión al momento de analizar, comparar y destacar las alternativas de aprovechamiento que se realizan a nivel global, nacional y regional para dar solución a la problemática actual del inadecuado manejo de los RSO.

Técnicas e instrumentos para el análisis de la información: Al decantar la información compilada en el estado de arte con base en la legislación nacional, permitió identificar y seleccionar las alternativas a comparar y los criterios a tener en cuenta para su análisis. Para ello se realizó la metodología de Análisis Multicriterio (AMC) implementada por la empresa Ficondi Cia Ltda, en su estudio de impacto ambiental (Machado, 2005). Está se modificó con el fin de adaptarla a las características propias del proyecto. En la siguiente tabla se explican las fases que se siguieron para el desarrollo de esta metodología.

Tabla 7.

Fases de la metodología AMC

| Fase | Descripción |
|---|--|
| I: Escoger las opciones de decisión (alternativas) | Normalmente existe un número finito de alterativas que requieren ser evaluadas y ordenadas de mayor a menor desempeño. Para ello se diseñó la tabla 8 que permitió identificar el desempeño de cada alternativa dentro del componente ecológico, social y económico. Esto por medio de la búsqueda de información secundaria. |
| II: Selección de los criterios | En esta fase se seleccionaron los criterios definitivos a utilizar en la comparación de las alternativas, con el fin de realizar el proceso de medición y ordenarlos de acuerdo a su porcentaje de peso. |
| III: Ponderar los indicadores ambientales para obtener los Coeficientes de importancia Relativa (CIR) | La metodología AMC siempre contendrá criterios medidos en unidades distintas. Por lo tanto, es necesario transformar las mediciones para que puedan ser combinados y medidos. Para ello se utilizó un rango de 0 a 1, en donde 0 indica una relación baja entre los criterios, 0,5 una relación media y 1 una relación alta. La suma de cada valor permite obtener los CIR para cada criterio. |
| IV: Ordenar los criterios por porcentaje de peso | Es inusual que los criterios tengan la misma importancia para los tomadores de decisión, por tal motivo se ordenaron los CIR por porcentaje de peso. |
| V: Determinación de los Coeficientes de Selección Ambiental (CSA) | En esta fase se compararon las medidas de desempeño de cada alternativa con base a los criterios seleccionados. En las tablas 9,10,11,12,13,14,15,16 y 17 se muestran los rangos tomados para cada criterio y su respectiva interpretación. |
| VI: Análisis de la Matriz final de coeficientes y selección de la alternativa optima | De acuerdo a la metodología seleccionada, se procedió a elaborar la matriz final de coeficientes, para que cada alternativa alcanzara una medida global de su desempeño, obteniendo, así como resultado la alternativa óptima. Posterior a esto se realizó el análisis de la Matriz con el objetivo de tomar la decisión final. |

| Fase | Descripción |
|--|-------------|
| Fuente: Autoría propia adaptado de (Hajkowicz & Higgins, 2008) | |

Tabla 8.

Diseño de tabla de desempeño para cada alternativa

| Alternativa # | | |
|---------------|---|---------------|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| Ecológico | Eficiencia de descomposición de los RSO | |
| | Proliferación de vectores | |
| | Presión sobre el ecosistema | |
| Social | Salud pública | |
| | Inclusión social | |
| Económico | Beneficio económico | |
| | Viabilidad técnica | |

Fuente: Autoría propia

Tabla 9.

Rangos del criterio 1: viabilidad técnica para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Nulo o menor | Tiene una menor viabilidad técnica a la alternativa con mayor complejidad de operación. |
| 5 | Similar | Tiene una similar viabilidad técnica a la alternativa con similar complejidad de operación. |
| 10 | Mayor | Tiene una mayor viabilidad técnica a la alternativa con menor complejidad de operación. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 10.

Rangos del criterio 2: beneficio ambiental para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Nulo o menor | No genera producto de beneficio ambiental en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Genera un producto similar a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Genera un producto con mayor beneficio ambiental en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 11.

Rangos del criterio 3: eficiencia en la descomposición para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Nulo o menor | Menor eficiencia en la descomposición de los RSO en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Similar eficiencia de descomposición de los RSO en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Mayor eficiencia de descomposición de los RSO en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 12.

Rangos del criterio 4: beneficio económico para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|--|
| 0 | Menor | Menor beneficio económico en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Similar beneficio económico en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Mayor beneficio económico |

Fuente: Autoría propia

Tabla 13.

Rangos del criterio 5: calidad de la salud pública para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|-----------------|--|
| 0 | Negativo | Tiene una afectación negativa en la calidad de la salud pública en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Menor o Similar | Tiene una afectación similar /menor en la calidad de la salud pública en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Positivo | Tiene una afectación positiva en la calidad de la salud pública en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 14.

Rangos del criterio 6: presión sobre el ecosistema para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Menor | Genera mayor presión sobre el ecosistema en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Genera similar presión sobre el ecosistema en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Genera menor presión sobre el ecosistema en comparación a |

la alternativa confrontada.

Fuente: Autoría propia

Tabla 15.

Rangos del criterio 7: inclusión social para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Menor | Menor inclusión social en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Similar inclusión social en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Mayor inclusión social en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 16.

Rangos del criterio 8: proliferación de vectores para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Menor | Genera mayor proliferación de vectores en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Genera similar proliferación de vectores en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Genera menor proliferación de vectores en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

Tabla 17.

Rangos del criterio 9: emisión de olores para cálculo de CSA

| Valor puntos | Rango criterio | Interpretación del criterio |
|--------------|----------------|---|
| 0 | Menor | Genera mayor emisión de olores ofensivos en comparación a la alternativa confrontada. |
| 5 | Similar | Genera similar emisión de olores ofensivos en comparación a la alternativa confrontada. |
| 10 | Mayor | Genera menor emisión de olores ofensivos en comparación a la alternativa confrontada. |

Fuente: Autoría propia

- **Objetivo específico 3:** Diseñar la propuesta de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en la zona de estudio.

Enfoque: Este objetivo se desarrolló bajo un enfoque cualitativo. Por lo cual se hizo una revisión bibliográfica y visitas técnicas, para escoger las fases de la propuesta seleccionada que se ajustan a la situación actual de la plaza de mercado.

Alcance: El alcance para este objetivo fue descriptivo, dado que, se realizó el diseño de la propuesta de aprovechamiento para los RSO de la plaza de mercado, en base a la alternativa con mayor puntaje.

Técnicas e instrumentos para recolección de la información: El diseño de la propuesta de aprovechamiento se realizó con base en fuentes de información primaria. Esta se recolectó por medio de las visitas a la alcaldía de Facatativá, en donde se proporcionó información básica de los diferentes predios que cuenta el municipio. La información secundaria se obtuvo por medio del POT de Facatativá y diferentes manuales acerca de la alternativa seleccionada, con el fin de identificar el predio y buscar el modelo adecuado para determinar los parámetros y criterios de diseño. Adicionalmente se realizaron visitas técnicas a la empresa Lombricompost E.U, con el objetivo de complementar la anterior información y poder estipular las diferentes variables necesarias en el desarrollo de la propuesta para la zona de estudio (Ver anexo 6).

Técnicas e instrumentos para el análisis de la información: A partir de la información recolectada y las visitas de campo realizadas se planteó la propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la zona de estudio, por medio de la descripción de los procesos. Los procesos se describen en 5 etapas (Ver figura 6). Adicionalmente se tomaron clases con el arquitecto Leonel Gallego, referentes al manejo del programa de refworks de Apple, con el fin de realizar los planos de la planta de vermicompostaje.

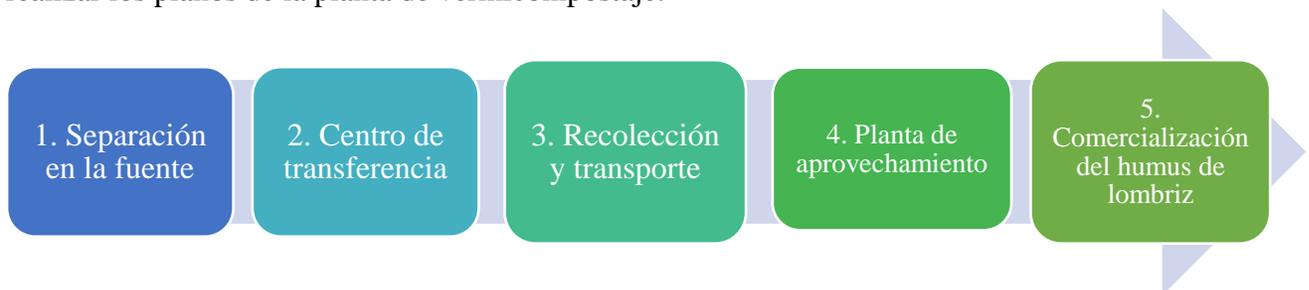


Figura 6. Etapas de desarrollo del objetivo 3
Fuente: Autoría propia

7.2 Matriz metodológica

En la matriz metodológica se integraron los objetivos junto con las actividades que se realizaron. Adicionalmente se expresan los resultados esperados con el desarrollo de esta investigación.

Tabla 18.

Matriz metodológica

| Objetivo General | Objetivo Específicos | Actividades | Metodología | | Resultados esperados |
|---|---|---|---------------------|---|--|
| | | | Técnica | Instrumento | |
| Formular una propuesta para el aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una Gestión Ambiental sostenible. Caso de estudio: plaza de mercado, municipio de Facatativá, Cundinamarca | 1. Generar un diagnóstico del estado actual de los residuos orgánicos en la zona de estudio | Realizar una revisión bibliográfica | Revisión documental | Artículos científicos, documentos del municipio | Establecer la información necesaria para conocer las actividades de manejo de los RSO e identificar los impactos que están generando |
| | | Recopilar información acerca de la disposición de RSO | Entrevista | Encuesta | |
| | | Desarrollar un análisis de la situación identificada | Observación | Visita técnica | |
| | | Diseño de una matriz para la identificación de los impactos | Entrevista | Encuesta | |
| | | | Observación | Visita técnica | |
| | | | Identificación | Bibliografía secundaria | |

FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMO APORTE A UNA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE. CASO DE ESTUDIO: PLAZA DE MERCADO, MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

Luz Amparo Gallego Otalvaro
Christian Felipe Rivera Murillo

| Objetivo General | Objetivo Específicos | Actividades | Metodología | | Resultados esperados |
|---|--|--|------------------------|--|--|
| | | | Técnica | Instrumento | |
| Formular una propuesta para el aprovechamiento de residuos orgánicos como aporte a una Gestión ambiental sostenible. Caso de estudio: plaza de mercado, municipio de Facatativá, Cundinamarca | 2.Realizar un análisis comparativo de las diferentes alternativas de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos | Revisión bibliográfica referentes a las alternativas de aprovechamiento | Revisión documental | Artículos científicos, tesis, documentos del municipio | Establecer la alternativa de aprovechamiento de los RSO más apta |
| | | Análisis detallado de las alternativas frente a las variables de estudio | Revisión documental | Bases de datos e información secundaria | |
| | Comparar e identificar la alternativa más apropiada | Análisis e interpretación de información | Información secundaria | | |
| | 3.Diseñar la propuesta de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en la zona de estudio | Plantear la propuesta de aprovechamiento | Identificación | Bibliografía secundaria | Recomendación de la propuesta según el diseño planteado a la propuesta seleccionada para el aprovechamiento de RSO |
| | | Determinar los parámetros de diseño | Revisión documental | Bases de datos e información secundaria | |
| Fuente: | Autoría | | | | propia |

8. Resultados, análisis y discusión de resultados

Los resultados, análisis y discusión son realizados y enfocados en los objetivos específicos, resaltando cada uno de ellos para mayor comprensión.

8.1 Diagnostico de la situación actual de residuos orgánicos

El diagnóstico de la situación actual de los RSO se realizó por medio de visitas técnicas, las cuales permitieron observar cuál es el manejo que se le da a los residuos generados por las actividades que se desarrollan al interior de la plaza de mercado, identificando, principalmente, la dimensión ecológica, social y económica. Además, por medio de observación directa se logró evidenciar que la mayoría de comerciantes sí hacen diferencia entre los residuos generados por su actividad económica; sin embargo, no realizan la separación en la fuente debido a que no son suficientes los contenedores para depositar dichos residuos. Por tal razón estas personas mantienen sus residuos en sus locales o puestos de trabajo. Por consiguiente, se realizó la matriz de Revisión inicial ambiental (RIA), la cual permitió realizar el siguiente análisis (Ver tabla 19).

Tabla 19.
Matriz RIA

| Dimensión | Situación evidenciada | Efecto | Fotografía |
|-----------|---|--|---|
| Ecológica | <p>Se evidenció que la actual gestión de los RS en la plaza de mercado está generando olores ofensivos, lixiviados. y la proliferación de vectores en donde se observó moscas, palomas y gatos.</p> <p>Debido a que la disposición de dichos residuos se realiza en sitios inadecuados como lo son pasillos, entradas/salidas, zona de baños y en los mismos locales de trabajo.</p> <p>La señora <i>Martha Orjuela</i> afirmó que ha presentado enfermedades a causa de dichos vectores, puesto que le han producido</p> | <p>La mayoría de las acciones que realizan los comerciantes contribuye a la problemática socio-ambiental presente, como lo es la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios. Ya que el aumento del volumen de los RSO disminuye la capacidad de disposición para otros residuos.</p> <p>Otro de los efectos identificados se debe a la falta de separación en la fuente, ya que aumenta la propagación de vectores. Estos se producen en condiciones de suciedad y poca higiene, llegando a generar enfermedades</p> |  <p>Figura 7. Evidencia de proliferación de vectores Fuente: Autoría propia</p> |

| | | | |
|------------------|--|--|--|
| <p>Ecológica</p> | <p>ronchas en la piel. También expresa que, aunque esparza algún producto químico para eliminarlos o ahuyentarlos, no es efectivo.</p> <p>De la misma manera, los comerciantes de la plaza de mercado opinan que arrojar los residuos en un lugar no específico ocasiona problemas de salud pública y contaminación visual.</p> | <p>gastrointestinales y cutáneas en los mismos comerciantes e incluso en los consumidores en la plaza de mercado (Universidad Católica de Córdoba, 2016).</p> <p>Por otra parte, la permanencia de los RSO en los puestos de trabajo genera un deterioro estético de la plaza de mercado municipal. A causa de la falta de seguimiento y control por parte de las autoridades competes.</p> |  <p>Figura 8. Evidencia de inadecuada disposición de residuos orgánicos Fuente: Autoría propia</p> |
| | <p>La mayoría de la población analizada son personas de la tercera edad. Estas indican que su educación estuvo arraigada a lo que sus padres les enseñaron. De modo que la separación de los residuos sólidos generados en su actividad económica no es adecuada. Además, se evidenció que no dimensionan como el manejo inadecuado de los RS pueden alterar el bienestar de la población.</p> <p>Asimismo, algunos de los comerciantes de la plaza de mercado expresaron que no han recibido capacitación alguna o asistencia técnica por parte de alguna entidad privada</p> | <p>El desconocimiento de los comerciantes encuestados, la falta de gestión por parte de las entidades gubernamentales y privadas con respecto al manejo de residuos sólidos, aumenta la vulnerabilidad de esta población a problemáticas sociales y ambientales como la proliferación de vectores.</p> <p>Además, gran parte de los RS generados en la plaza de mercado son RSO, por lo que se pierde su aprovechamiento como abonos orgánicos, alimento para animales, biotecnología, entre otros; dejando al lado el buen aprovechamiento de los</p> |  <p>Figura 9. Comerciante respondiendo la encuesta. Fuente: Autoría propia</p> |

| | | | |
|------------------|---|--|---|
| | <p>o pública del municipio, referente al manejo de residuos sólidos. como lo afirmó el señor <i>Alfonso de Ávila</i> y la señora <i>Martha Orjuela</i>.</p> <p>La señora <i>Blanca Obrero</i> relató que sus actividades comerciales (actividades realizadas en la plaza de mercado) a la hora de botar los residuos eran colocar todo lo que no servía en bolsas plásticas y en lonas, pero sin ninguna distinción entre orgánico e inorgánico.</p> | <p>recursos naturales e impidiendo la conservación de estos mismos para el goce de las generaciones futuras.</p> <p>Por otra parte, los comerciantes al no recibir capacitación sobre las prácticas favorables que se pueden realizar con dichos residuos, transmiten una información inadecuada a la población infantil con respecto las buenas prácticas medioambientales y sociales, dejando a un lado la posibilidad de prolongar la vida útil de dichos residuos.</p> |  <p>Figura 10. Entrevista a comerciante Blanca Obrero. Fuente: Autoría propia</p> |
| <p>Económica</p> | <p>En el ámbito económico, las entrevistas realizadas, mostraron que la inadecuada separación de los RS generados, aumenta los costos en separación, recolección y disposición final, por parte de la entidad privada prestadora del servicio de aseo.</p> <p>Además, la mayoría de comerciantes que trabajan allí no tienen conocimiento de cómo obtener mayor provecho de los RSO o incorporarlos a un nuevo ciclo productivo.</p> <p>Por otra parte, la empresa prestadora del servicio de</p> | <p>Uno de los principales efectos económicos a los que los comerciantes se ven expuestos debido al desconocimiento y poca gestión dada por las entidades, es el aumento de las tarifas por la prestación del servicio de recolección, separación y disposición final de los RS generados., Aumentando así sus gastos mensuales de servicios públicos pagados por su puesto de trabajo.</p> <p>Además, varios de los comerciantes encuestados no ven en los RSO una oportunidad de aprovechamiento, Por</p> |  <p>Figura 11. Evidencia de residuos Fuente: Autoría propia</p> |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | <p>aseo solo realiza acciones de recolección y disposición final, pero hasta el momento no ha habido alguna institución que se encargue de capacitar a la comunidad de la plaza sobre la correcta disposición y separación de dichos residuos.</p> | <p>consiguiente, se pierde su valor de post-consumo, ya que estos se podrían utilizar para realizar técnicas de compostaje, biogás, entre otras finalidades.</p> <p>En resumen, solo pocos comerciantes utilizan estos RSO como abonos y alimentos para animales; sin embargo; no divulgan esta información, generando con esto pocas probabilidades de desarrollo de nuevos empleos e ideas de negocio en donde se utilicen dichos residuos.</p> |  <p>Figura 12. Evidencia de residuos no clasificados Fuente: Autoría propia</p> |
|--|--|---|---|

Fuente: Autoría propia

De acuerdo con la matriz RIA realizada a partir de cada una de las dimensiones ambientales y sus efectos, se pudo identificar que los comerciantes de la plaza de mercado durante sus actividades laborales generan afectación a la salud pública y al medio ambiente. Una de las afectaciones a la salud pública es la contaminación cruzada como lo ratifica el estudio realizado por la Alcaldía de Santiago de Cali (2019) el cual mostró que la contaminación cruzada surge cuando se adoptan inadecuadas prácticas higiénicas al manipular los alimentos, recibir dinero, no realizar desinfección ni limpieza y no utilizar guantes ni tapabocas, lo que puede llegar a generar Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), y la más común es la toxoplasmosis, que en la mayoría de los casos pasa inadvertida pues sus síntomas son similares a los de la gripe.

Por otra parte, la proliferación de vectores se da por la inadecuada disposición de los RSO y la poca limpieza realizada en el lugar de trabajo. En la zona de estudio se encontró que en muchos locales donde se comercializan frutas y verduras había presencia de moscas, gatos y palomas consumiendo los alimentos ya desechados, junto con los alimentos predispuestos a vender o consumir. De la misma manera, un estudio de Escalona Elieser (2014) mencionó que los principales daños en la salud por la inadecuada disposición de los RSO son debido a los posibles criaderos de vectores por la presencia de RSO en lugares inapropiados, los cuales son foco de enfermedades como el parasitismo intestinal, puesto que los vectores transmiten en sus extremidades gérmenes y parásitos hacia los alimentos que son comercializados e ingeridos por las personas. Así, está claro que la inadecuada disposición de los RSO en la plaza de mercado junto con la poca limpieza realizada en el lugar de trabajo y la mala infraestructura de la plaza,

permite el fácil acceso de dichos vectores y roedores, afectando así tanto la dimensión ecológica, social y económica, como se corroboró en la matriz RIA.

Se realizó la aplicación de una encuesta al 30% de la población involucrada, en donde se tuvo la oportunidad de entrevistar al administrador y comerciantes de la plaza de mercado de Facatativá. Los resultados obtenidos a esta encuesta, permitió identificar que el nivel de educación de los comerciantes de la plaza de mercado es bajo, debido a que los datos obtenidos reflejan que el 67% de la población demostró tener un nivel de educación primaria, el 22% educación secundaria, el 11% educación técnica y se observó que los encuestados no cuentan con educación profesional, arrojando un porcentaje del 0%. Estos valores demostraron que el nivel educativo de los comerciantes es bajo, ya que más del 50% de la población no cuenta con educación secundaria o bachiller, lo que indica que el nivel de percepción de la información es bajo ya que no es de interés para ellos aplicar cambios en el manejo de los residuos generados por su actividad comercial con el fin de proteger su salud y el medio ambiente (Ver figura 13).

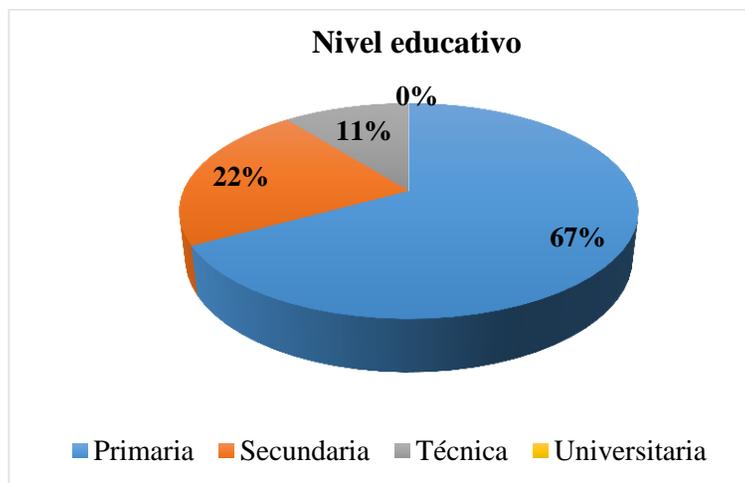


Figura 13. Nivel educativo

Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

También se observó que un mayor porcentaje de personas conocen el funcionamiento, manejo y disposición que habitualmente se les da a los RSO generados en la plaza. Puesto que los datos obtenidos indicaron que el 71% de las personas trabajan hace más de 10 años, el 21% trabajan desde hace 6 a 10 años y el 8% trabajan desde hace 1 a 5 años (ver figura 14). Lo que evidenció que las estrategias para el manejo de los RSO que se están utilizando son las mismas desde hace más de una década, lo que ha conllevado a un retraso significativo y poco competitivo frente a las oportunidades para reincorporar dichos residuos a una nueva cadena de producción. El estudio realizado por el DAMA y PNUD (2000) corroboró que “pueden introducirse patrones de cambio en la cadena de comercialización de alimentos realizada en las plazas de mercado, a fin de reducir la producción de dichos residuos, separarlos adecuadamente y tratarlos o aprovecharlos técnica y económicamente” (P.5).



Figura 14. Tiempo que lleva trabajando en la plaza
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

A lo relacionado con la pregunta a qué tipo de residuo generan los encuestados, se pudo observar que los restos de frutas y verduras son los que más se generan. Ya que obtuvo un 69%, seguido de restos cárnicos con un 11%, 6% restos de papel, 6% restos de cartón y 2% restos de plástico (ver figura 15). Estos RSO son los que causan la mayoría de contaminación y los cuales se pueden utilizar y aprovechar para la producción de abono. Adicionalmente este hecho se asocia a que hay un mayor número de locales dedicados a la venta de estos productos.

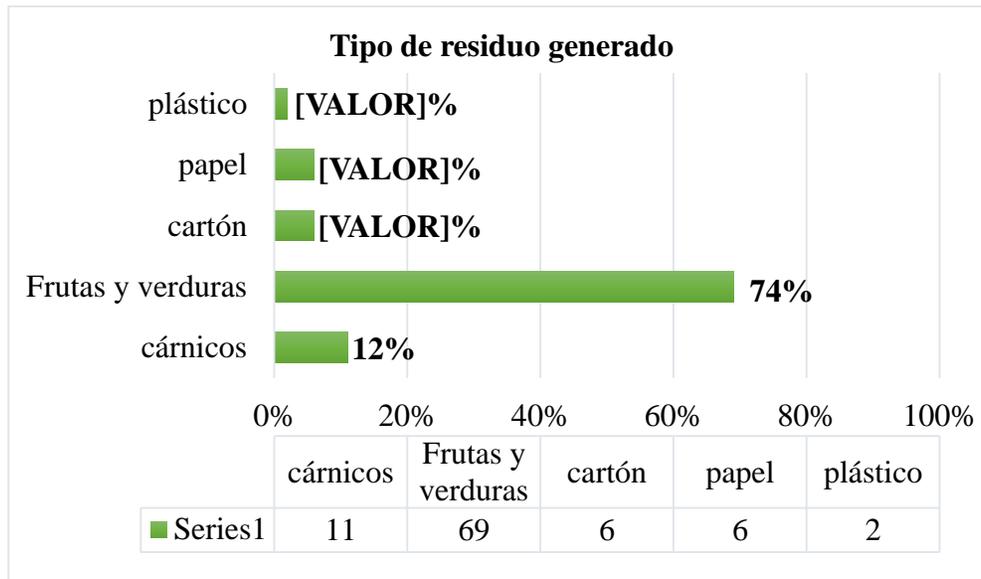


Figura 15. Tipo de residuo generado
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

La siguiente pregunta se realizó con el fin de conocer si los actores involucrados tienen conocimiento sobre separación en la fuente. Un porcentaje considerable (94 %) respondió que sí (ver figura 16); determinando con ello que la mayoría tienen conocimiento sobre cómo se deben separar los RS en el puesto de trabajo, hecho que se consideró importante, como se afirmó en la guía realizada por Carrascal (2009) en donde se indicó que la participación y el conocimiento de los generados frente a las características, la cantidad y disposición final de los residuos que producen, es esencial para una adecuada gestión integral de los residuos sólidos.



Figura 16. Conocimiento sobre separación de residuos en el puesto de trabajo
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Los resultados a la pregunta donde se depositan los residuos sólidos al interior de la plaza de mercado, se obtuvo que el 50% de los comerciantes depositan sus residuos en los contenedores disponibles, ya que estas se encuentran cercanas a su puesto de trabajo, sin embargo, el 29% deposita sus residuos en bolsas plásticas para almacenarlos, el 7% deposita sus residuos en canastas y el 14% simplemente los arrojan en el piso, en ambos casos se generan lixiviados, debido a la rápida descomposición de la mayoría de estos residuos (RSO), que pese a que la plaza se encuentra pavimentada, estos producen malos olores y disminuye la estética del lugar (ver figura 17). Esto coincide con el estudio de Sanclemente, Ararat y Balanta (2018) que mostro que la degradación del paisaje coincide con los residuos esparcidos en los locales comerciales, ya que a veces los comerciantes no cuentan con contenedores adecuados.

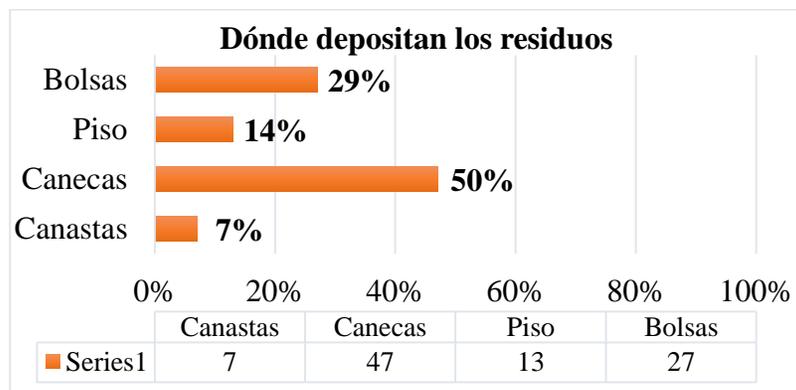


Figura 17. Dónde depositan los residuos
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Con respecto a quien le dejan la gestión de los residuos sólidos generados, se observó que el 66% de los comerciantes entrega estos residuos al personal de aseo de Servigenerales S.A, sin ningún tipo de separación en la fuente, el 21% los entrega a un reciclador y el 13% respondió otro, ya que comercializa sus RSO para alimento de animales como porcinos, bovinos, entre otros (ver figura 18). Lo que indicó una carencia de gestión acerca de la capacidad de aprovechamiento de estos residuos, por consiguiente, se anula la posibilidad de contribuir en las metas propuestas por el país en el acuerdo COP 21, en particular con el objetivo 11: *Ciudades y comunidades sostenibles*, en su meta de *reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro* (DNP, 2016b; PNUD, 2019).

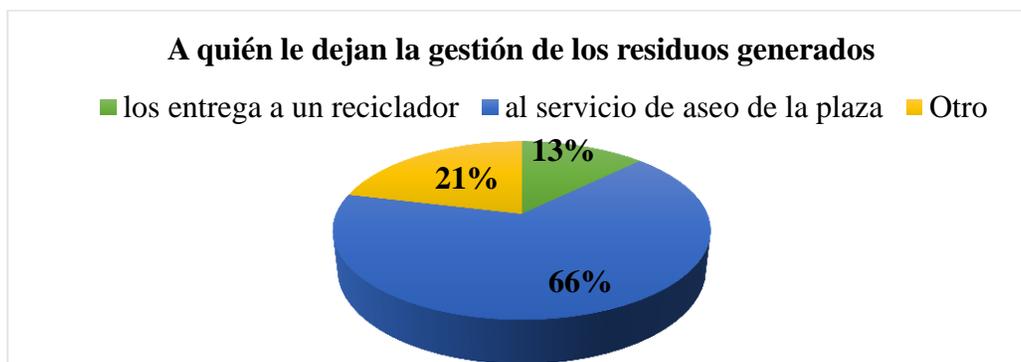


Figura 18. A quién se le deja la gestión de los residuos
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Asociado a la anterior pregunta se consultó a los comerciantes si son suficientes los contenedores dispuestos por la empresa de aseo al interior de la plaza de mercado, a lo que mayoría de los encuestados respondieron que no, lo que representó el 82%. Ellos expresaron su inconformismo, debido a que por la falta de suficientes recipientes no se emplea distinción alguna, lo que reveló que las personas son conscientes de la separación en la fuente, ya que esta facilita el trabajo de los recicladores y el posible aprovechamiento de los RSO; además de generar un ambiente sano al interior de la plaza y de minimizar la contaminación ambiental.

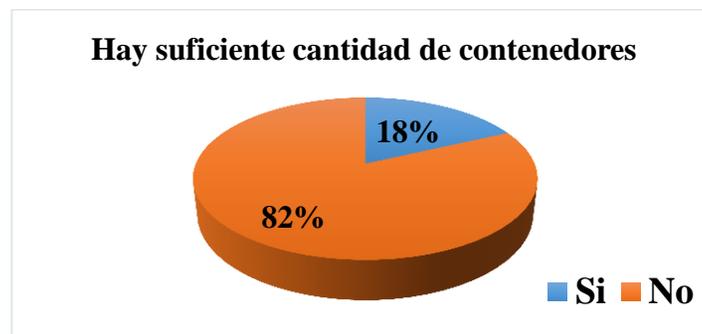


Figura 19. Hay suficiente cantidad de contenedores
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Los resultados obtenidos a la pregunta como controlan moscas, ratones, cucarachas u otros animales, indicaron que un 46% lo hacen de manera manual, aumentando así el riesgo a mordeduras, picaduras o adquisición de una enfermedad (rabia o erupciones en la piel); el 33% lo hacen con sustancias químicas generando riesgos de toxicidad tanto a los alimentos como a la población, otro porcentaje aunque menor pero significativo es el 12% quien respondió, otro, refiriéndose en su mayoría que alimentaban gatos, con el fin de que estos acabaran con las plagas, con lo cual se concluyó que hay proliferación de vectores al interior de la plaza de mercado (Ver figura 20). De esta manera se está de acuerdo con Kiss y Encarnación (2006) los cuales indicaron que el alto porcentaje de materia orgánica favorece a la proliferación de vectores como roedores, insectos, entre otros, asociados a la propagación de enfermedades y epidemias, afectando la calidad de la salud pública.

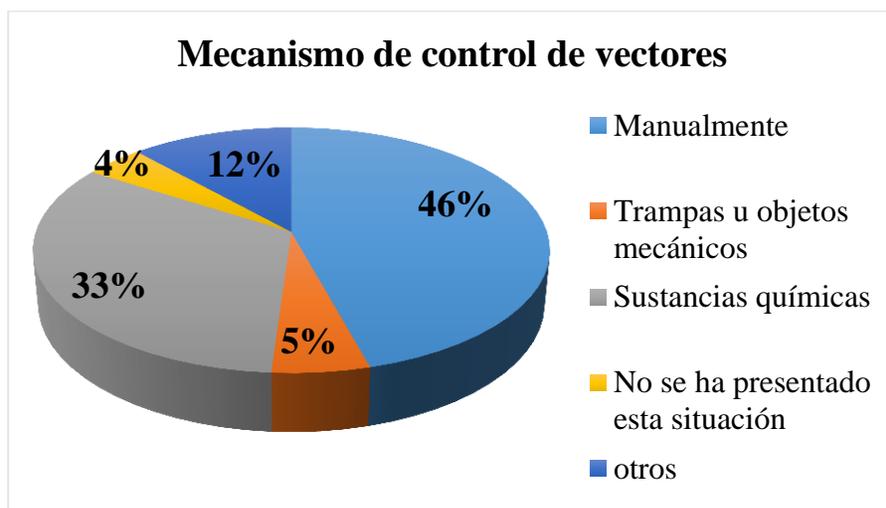


Figura 20. Mecanismo de control de vectores

Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Se realizó esta pregunta a los comerciantes con el fin de saber si han recibido capacitación acerca del manejo de los residuos sólidos, como se muestra en la figura 21. Donde los resultados obtenidos fueron que el 93% afirmaron no haber recibido capacitaciones en relación con este tema, sin embargo, el 7% de los encuestados aseguraron que en la plaza se les han realizado charlas informales.



Figura 21. Han recibido capacitación

Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

El resultado obtenido a la pregunta si los comerciantes tienen conocimiento de la tarifa de aseo por recolección de residuos, el 100% de los encuestados respondieron que no conocen esta información, debido a que este cobro está incluido en el valor que deben cancelar mensualmente por concepto de administración (Ver figura 22). Con esto se corroboró que los comerciantes no ven en los RSO una oportunidad de aprovechamiento que pueda generar un beneficio ecológico, social y económico. Lo que contrarresta con lo estipulado por el gobierno de Ivan Duque, donde se ha emprendido la modernización y normatividad del servicio de aseo, con el fin de incentivar el aprovechamiento de los residuos para todo fin, obteniendo una remuneración adicional a la venta de sus productos, como lo sería una tarifa equivalente a lo que se le paga al relleno sanitario (Carrillo, 2018).



Figura 22. Conocimiento de tarifa de aseo por recolección de residuos
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Con respecto a la última pregunta, de si creen necesario una alternativa de aprovechamientos para los RSO, los resultados fueron que el 64% de los encuestados creen muy necesario y el 36% necesario, resultados que indicaron que formular una propuesta de diseño para el aprovechamiento de los residuos sería muy conveniente para los actores al interior de la plaza, ya que permitiría realizar un manejo adecuado de los residuos, además de minimizar los impactos socio ambientales que se evidenciaron (ver figura 23).



Figura 23. Opinión de necesidad de una técnica de aprovechamiento de RSO
Fuente: Autoría propia con base a la entrevista realizada el 12-02-19

Posterior al análisis de las respuestas obtenidas a las preguntas que se realizaron en la encuesta y la matriz RIA, se desarrolló la matriz de identificación y valoración de impactos ambientales generados por el inadecuado manejo de los RSO en la plaza de mercado. Esta se basó en la matriz de Leopold y método de Conesa simplificado, su diseño y criterios de evaluación se explicaron en la metodología, numeral 7.1.

Los datos arrojados por la matriz luego de aplicar la ecuación de importancia fueron 7 impactos definidos como irrelevantes, 12 definidos como moderados y 8 definidos como severos (ver anexo 4). Estos últimos se agruparon como se muestra en la tabla 20, con el fin de priorizar el análisis en los impactos con mayor importancia ambiental.

Tabla 20.
Priorización de Impactos con mayor importancia ambiental

| Impacto | Valoración cualitativa | Importancia | Color |
|--|------------------------|-------------|-------|
| Generación de olores ofensivos | Severos | 66 | |
| Generación de gases | Severos | 53 | |
| Proliferación de vectores | Severos | 52 | |
| Afectación a la salud publica | Severos | 54 | |
| Alteración del ambiente de trabajo | Severos | 51 | |
| Falta de Participación de la comunidad | Severos | 51 | |
| Concientización ambiental | Severos | 51 | |
| Modificación paisajística | Severos | 53 | |

Fuente: Autoría propia

La aplicación de la metodología utilizada permitió determinar que las actividades que causan gran impacto ambiental son el manejo y la disposición final de los RSO generados en la zona de estudio, ya que impactan sobre la mayoría de los componentes del entorno. La calidad del aire se ve afectada, debido a la generación de olores ofensivos siendo este el mayor impacto identificado (I=66), de la misma manera la generación de gases (I=53) afecta de forma directa este componente, por causa del proceso de descomposición de los RSO, lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el estudio del Ministerio de salud y protección social (MinSalud) y Organización panamericana de la salud – OPS,(2012) donde afirma que en las actividades generadoras de RS se generan olores ofensivos durante la descomposición de materia orgánica, la cual favorece la producción de algunos gases nocivos como ácido sulfhídrico y metano.

Con respecto a la calidad del suelo, el impacto que se identificó fue principalmente la infiltración de lixiviados (I=46), este impacto se genera por la descomposición de la materia orgánica, debido a su alto porcentaje de humedad y la presencia de lluvia, contribuyendo a la generación de lixiviados y aumentando la probabilidad de que se permean en el suelo (Fenández, 2006). Del mismo modo se observó que dicho impacto afecta en las aguas subterráneas (I=43) dado que los lixiviados llegan con una carga importante de contaminantes, los cuales pueden llegar a ser líquidos inmiscibles (aceites), pequeñas partículas (sólidos suspendidos), microorganismos (bacterias) y virus, alterando con esto la calidad del agua (Antúnez, Rivera, & Rodríguez, 2013)

En el componente socioeconómico y cultural se evidenció que la falta de participación de la comunidad (I=51) y la baja inclusión por parte de las entidades público-privadas, impide una concientización ambiental de los comerciantes. Este impacto obtuvo una valoración severa (I=51) junto con el impacto de la alteración en el ambiente de trabajo (I=51), debido a que la población al no apropiarse del cuidado de su entorno, acumula y arroja los RSO dentro de los locales de trabajo y en general en toda la plaza, lo que conlleva a la proliferación de vectores (I=52) como aves, roedores e insectos, ya que propicia un ambiente óptimo para estas especies, causando molestias a las personas (vendedores, compradores, personal de aseo, etc.) y afectando de manera significativa la salud pública (I=54).

8.2 Comparación de alternativas de aprovechamiento de residuos orgánicos

La comparación de alternativas se realizó por medio de una metodología de Análisis Multicriterio conocida como AMC, dado a su amplia madurez y evidencia satisfactoria de uso. Esta es una herramienta versátil que por sus características puede acomodarse a necesidades propias del contexto a evaluar y permitir así la toma de una decisión (Steven & Mosquera, 2017). A continuación, se desarrollaron las diferentes fases propuestas en la metodología, estas se explicaron a detalle en el numeral 7.1.

➤ Fase I: Escoger las alternativas a comparar con la alternativa cero (no acción)

Se realizó el análisis del estado de arte y se decantó la información permitiendo con esto identificar y seleccionar alternativas de aprovechamiento para RSO con base en casos de estudio exitosos ya publicados. Esta selección permitió realizar un análisis específico de los beneficios ecológicos, sociales y económicos, que podría traer cada alternativa si se seleccionará para el aprovechamiento de los RSO en la plaza de mercado.

Alternativa 0: fue la situación actual de la plaza de mercado, basándose en el desarrollo del objetivo específico 1.

Alternativa 1: fue el vermicompostaje, esta técnica consiste en la utilización de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)¹, como agente biológico en el proceso de transformación de los residuos sólidos orgánicos con el fin de obtener “humus de lombriz”, éste es básicamente el conjunto de excrementos o heces de las lombrices, que a diferencia de otros tiene la misma apariencia y olor a tierra negra fresca . De esta forma trata de manera eficiente los materiales orgánicos que son sólidos contaminantes del ambiente y se obtiene un producto de gran demanda en el mercado global (Villegas y Laines, 2010).

Tabla 21.

Análisis de alternativa 1: Vermicompostaje

| Alternativa 1. Vermicompostaje | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| Ecológico | Eficiencia de descomposición de RSO | Teniendo en cuenta que la especie más utilizada es lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>), esta requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, puesto que puede consumir una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su propio peso, es decir, 1 kilogramos de lombrices pueden consumir 1 kilogramo de residuos cada día (Secretaría distrital de habitat & Universidad nacional de colombia, n.d.) |

¹Lombriz Californiana (*Eisenia foetida*) según lo expresa el Manual de vermicompostaje, está se utiliza ya que es la lombriz que tiene mejor desarrollo, en relación a otras especies de lombrices (Navarra, n.d.).

| Alternativa 1. Vermicompostaje | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| | | Según el municipio de Cajicá con el vermicompostaje se ha logrado aprovechar cerca de 350 toneladas de RSO, esto equivale a más del 20 por ciento de su producción anual (Agencia Analodu, 2017). |
| | Proliferación de vectores | Esta técnica puede atraer ciertos depredadores de lombriz, los más frecuentes son los pájaros, ratas y hormigas, su proliferación se debe por descuido del lombricultor y como medida se recomienda hacer las camas de cemento y cubrirlas con una tapa que impida la entrada de estos depredadores (Terán, 2017). |
| | Presión sobre el ecosistema | Hasta el momento no se conocen afectaciones directas hacia los ecosistemas, sin embargo gracias al abono orgánico obtenido, el cual al ser rico en nutrientes favoreciendo notablemente su asimilación por las plantas y suelo (Terán, 2017). |
| Social | Salud Publica | En la técnica de vermicompostaje, aún no se identifica ningún tipo de afectación a la salud humana, sin embargo se recomienda la utilización de elementos de protección para evitar posibles afectaciones a ojos, piel, entre otros (Cataño, 2010). |
| | Inclusión Social | Esta técnica se ha desarrollado bajo estrategias de inclusión social, en donde se han establecido estructuras gerenciales y operativas que fortalecen la capacidad de organización y autogestión de la comunidad en general, y de las mujeres en particular priorizando a madres cabeza de familia (Sletto et al., 2015). |
| Económico | Beneficio económico | El proceso aprovechamiento de los RSO por medio del vermicompostaje posibilita la creación de ingresos extra al vender el humus como producto final, además “el interés de los productores por utilizar este abono orgánico en sus cultivos es cada vez mayor en el país” (Martínez, 2014). |
| | | En cuanto a la competitividad de mercado se debe tener en cuenta que este humus debe alcanzar el 5 % de contenido de los elementos principales (ICONTEC, 2009). Del mismo modo, es importante aclarar que para que estos criterios se cumplan se debe contar con personal capacitado y una adecuada clasificación de los RSO por parte de los generadores, facilitando así la producción de |

| Alternativa 1. Vermicompostaje | | |
|---------------------------------------|---------------------------|---|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| | | un abono orgánico sin impurezas y disminuyendo costos de tratamiento (Aparicio, 2011). |
| | Viabilidad Técnica | La implementación del vermicompostaje tiene bajos costos de iniciación ya que comúnmente es un proceso de producción artesanal donde se utilizan jornaleros en cada proceso al interior de la producción del abono orgánico (Clavijo, 2017). Sin embargo, se recomienda contar con herramientas y/o maquinarias adecuadas que faciliten obtener un producto terminado de una forma eficiente buscando generar un beneficio económico para el productor y al mismo tiempo reducir tiempos de proceso (Clavijo, 2017). |

Fuente: Autoría propia a partir de información consultada

Alternativa 2: fue la Digestión anaerobia (DA), este es un proceso biológico donde bacterias específicas degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno el cual está compuesto por cuatro etapas hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015). Por otro lado “es una opción de tratamiento efectiva, ya que reduce significativamente la cantidad de residuos destinados a la eliminación y genera productos de valor, tales como la energía en forma de biogás y lodo digerido rico en nutrientes” (Nakasima López, Taboada González, & Aguilar Virgen, 2017).

Tabla 22.

Análisis de alternativa 2: Digestión anaerobia (DA)

| Alternativa 2. Digestión anaerobia (DA) | | |
|--|--|--|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| Ecológico | Eficiencia de descomposición de RSO | El proceso de digestión es lento y depende de una variedad de factores, entre ellos se encuentran la temperatura, la velocidad de carga orgánica (VCO), el tiempo de retención hidráulico (TRH), el tipo de digestor, el sustrato empleado, entre otros (Nakasima López, Taboada González, & Aguilar Virgen, 2017). Se estima que “por cada tonelada de residuos sólidos urbanos, con un promedio de materia orgánica del 50%, es posible obtener una media entre 100 y 500 Kwh” (Portal de energías renovables, 2014). |
| | Generación de olores ofensivos | Esta alternativa en el proceso de aprovechamiento genera malos olores atribuidos a la producción de compuestos azufrados como el ácido sulfhídrico (H_2S) en el biogás. |

| Alternativa 2. Digestión anaerobia (DA) | | |
|--|------------------------------------|--|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| | | Estos compuestos tienen un olor muy ofensivo que se ha convertido en la principal causa de conflictos con las comunidades aledañas a las plantas de aprovechar (Plazas, Gonzáles, García, & Collazos, 2002). |
| | Presión sobre el ecosistema | Aunque esta estaría dando solución a la problemática causada por la inadecuada gestión de los RSO, puede llegar a generar un mayor impacto ambiental, debido a la emisión de dióxido de carbono (CO_2) en el ambiente, cabe resaltar que el biogás se desarrolla a partir de un residuo sólido contaminante y puede llegar a mitigar problemáticas ambientales existentes (Severiche y Acevedo, 2013; Parra, 2014). |
| Social | Salud pública | La fabricación del biogás podría causar infecciones o tener efectos tóxicos en los seres humanos debido a que normalmente se utilizan químicos compuestos para la desulfurización (sustancias cancerígenas, altamente tóxicas) por lo que es necesario utilizar y conocer todos las herramientas y procesos de seguridad (Maciejczyk, 2017). |
| | Inclusión social | La inclusión social de esta alternativa es baja, ya que los procesos operativos de aprovechamiento son de un nivel especializado, por tal motivo no es un proceso viable a implementar en el municipio, por tal motivo no se estaría generando un beneficio a la comunidad del municipio. |
| Económico | Beneficio Económico | El producto que se obtiene es el biogás, este se podría utilizar para generación de electricidad y calefacción domiciliaria o industrial. Además el lodo se puede usar como fertilizante generando beneficios económicos, sin embargo estos se relacionan directamente con las características propias del digestor.(FAO, 2011). |
| | Asistencia Técnica | Para el desarrollo de esta alternativa se necesitan inversiones considerables, especialmente en las operaciones de acondicionamiento de los RSO de entrada y salida. Puesto que se debe realizar el pretratamiento adecuado y no almacenarlos por mucho tiempo, para evitar que decaiga la producción de gas. Adicionalmente, los subproductos no se pueden utilizar tal y como salen del digestor se les debe realizar una serie de tratamientos para su posterior uso o comercialización (Ángel, Lozano, & Serrano, 2016). |
| Una propuesta viable de un biodigestor, es la que propone Arce Cabrera, (2011), esta consiste en un biodigestor de flujo discontinuo siendo este un equipo de bajo costo para la | | |

Alternativa 2. Digestión anaerobia (DA)

| Dimensión | Componente | Justificación |
|-----------|------------|--|
| | | producción de biogás y con ello satisfacer ciertas demandas locales. |

Fuente: Autoría propia a partir de información consultada

Alternativa 3: fue el compostaje, es el proceso de descomposición de la fracción orgánica como restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, frutas, verduras, entre otros, en presencia de oxígeno (condiciones aeróbicas), el producto generado pasa por una maduración mínima (estabilización) debido a la acción de microorganismos en condiciones establecidas de aireación, temperatura y humedad. Estos microorganismos transforman los residuos degradables en un producto orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura, empleándose para mejorar la estructura y proporcionar nutrientes al suelo (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

Tabla 23.

Análisis de alternativa 3: Compostaje

Alternativa 3. Compostaje

| Dimensión | Componente | Justificación |
|------------------|--|---|
| Ecológico | Eficiencia de descomposición de RSO | La eficiencia de descomposición del compostaje se encuentra entre un rango del 30 y 40 %, es decir, que de cada 100 kg de residuos orgánicos se obtienen entre 30 y 40 kg de compost, esto debido a que el resto se evapora en forma de vapor de agua y CO ₂ , y otra parte sale por lixiviados. Entre mayor sea la materia prima para el compost, mayor es la energía liberada, favoreciendo la higienización del material producido por el aumento de temperatura (Asociación para el desarrollo rural y pesquero de Lanzarote, 2016). |
| | Proliferación de vectores | La alteración de la calidad del aire es uno de los principales problemas de las plantas de compostaje aeróbico debido a la generación de olores ofensivos provocados por la emisión al ambiente de compuestos orgánicos volátiles. Esta emisión empieza con la recepción de los residuos a la planta, en las fases iniciales del proceso de compostaje y en algunas ocasiones cuando presenta condiciones anaeróbicas o maduración incompleta presentan olores intensos debido a la emisión de compuestos de azufre (Alonso, Gadea y Solans, 2011). |
| | Presión sobre el ecosistema | Disminuye la presión sobre los recursos naturales como la tierra negra y el petróleo (materia prima de fertilizantes sintéticos) al reducir su consumo (Secretaría distrital de |

| Alternativa 3. Compostaje | | |
|----------------------------------|----------------------------|--|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| | | <p>habitat y Universidad nacional de colombia, s.f.).</p> <p>El compostaje es un fertilizador natural que no produce sobrecarga química al suelo, ya que reduce la producción de aguas lixiviadas y gases contaminados, el área de utilización para el manejo y disposición final de los RSO y el impacto al paisaje, suelo y aguas subterráneas. (Arenas, 2017).</p> |
| Social | Salud pública | <p>El compostaje facilita la obtención de alimentos orgánicos, lo que ayuda a prevenir la transmisión de enfermedades generadas por un manejo inadecuado de los recursos orgánicos al reducir la proliferación de vectores (Secretaría distrital de habitat y Universidad nacional de colombia, s.f.).</p> <p>La aplicación, manejo y realización del compost puede representar un riesgo debido a que supone una posible vía de entrada de elementos químicos y de patógenos, como la ingesta directa de suelo o de forraje con partículas de suelo (Cuadros, 2007).</p> |
| | Inclusión social | <p>El proyecto de la planta de compostaje de Santiago de Chile tuvo una generación de 40 empleos entre los cuales se dividen en ingenieros, administrativos, técnicos y operarios de la población aledaña al proyecto. El compost producido sirve para el mantenimiento de áreas verdes locales; ayuda en la implementación de programas de reciclaje doméstico, y; dar asistencia a los microempresarios de la zona (Cox, Van Trotsenburg, Stein y Morton, 2015).</p> |
| Económico | Beneficio Económico | <p>Se representa en la disminución de costos por recolección, transporte, manejo y disposición final de los residuos orgánicos, debido al aprovechamiento como materia prima de los mismos, extendiendo la vida útil del relleno sanitario sin necesidad de realizar una ampliación o construir uno nuevo (Rodriguez y Córdova, 2006).</p> <p>El compost generado se comercializa como abono orgánico favoreciendo a la disminución de la dependencia externa de fertilizantes, así mismo, brindan una mayor sostenibilidad y autonomía para los agricultores al aprovechar los recursos locales y reducir la compra de insumos para sus cultivos (Secretaría distrital de habitat y Universidad nacional de</p> |

| Alternativa 3. Compostaje | | |
|----------------------------------|---------------------------|---|
| Dimensión | Componente | Justificación |
| | | colombia, s.f.). |
| | Viabilidad Técnica | La puesta en marcha de la planta de compost en el municipio de Suaza Huila determinó la viabilidad técnica por medio de los diferentes procesos para el compostaje, tales como, la recolección y acopio de los RSO como materia prima del producto, pre-trituración, recolección de lixiviados, segregación, proceso de picado, disposición, compostaje y volteo, empaque, almacenamiento, distribución y comercialización (Audor y Ramos, 2015). |

Fuente: Autoría propia a partir de información consultada

➤ **Fase II: Selección de criterios**

En la tabla 24 se incluye el listado de los criterios que fueron seleccionados de forma definitiva y considerados tanto en la obtención de los CIR como en la comparación de las alternativas.

Tabla 24.
Lista de criterios

| Criterio |
|--|
| Proliferación de vectores |
| Inclusión Social |
| Salud Pública |
| Generación de productos |
| Beneficio Económico |
| Viabilidad Técnica |
| Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos |
| Generación de olores ofensivos |
| Presión sobre el ecosistema |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005)

➤ **Fase III: Ponderación de los criterios seleccionados para obtención de los CIR**

Conforme a la metodología descrita en el numeral 7.1, se procedió a realizar la ponderación de los criterios para la obtención de los Coeficientes de importancia relativa-CIR. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 25.

Tabla 25.
Coefficientes de importancia relativa (CIR)

| Criterio vs Criterio | Nominal | Proliferación de vectores | Inclusión Social | Salud Pública | Generación de productos | Beneficio Económico | Viabilidad Técnica | Eficiencia de descomposición de RSO | Generación de olores ofensivos | Presión sobre el ecosistema | Suma | CIR |
|--|---------|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|------------|
| Nominal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Proliferación de vectores | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 5,5 | 9,3 |
| Inclusión Social | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0 | 1 | 5,5 | 9,3 |
| Salud Pública | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6,5 | 11,0 |
| Generación de productos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7,5 | 12,7 |
| Beneficio Económico | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 6,5 | 11,0 |
| Viabilidad Técnica | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 15,3 |
| Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 11,9 |
| Generación de olores ofensivos | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5,5 | 9,3 |
| Presión sobre el ecosistema | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 | 10,2 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | 59 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005)

➤ **Fase IV: Orden de los CIR por porcentaje de peso**

En la tabla 26 se observa se ordenaron de manera decreciente los CIR. Obteniendo con mayor peso porcentual el criterio de viabilidad técnica y generación de subproductos.

Tabla 26.
Criterios con orden decreciente

| Criterio | Peso (%) |
|--|----------|
| Viabilidad técnica | 15,3 |
| Generación de productos | 12,7 |
| Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos | 11,9 |
| Beneficio económico | 11,0 |
| Salud publica | 11,0 |
| Presión sobre el ecosistema | 10,2 |
| Inclusión social | 9,3 |
| proliferación de vectores | 9,3 |
| Generación de olores ofensivos | 9,3 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005)

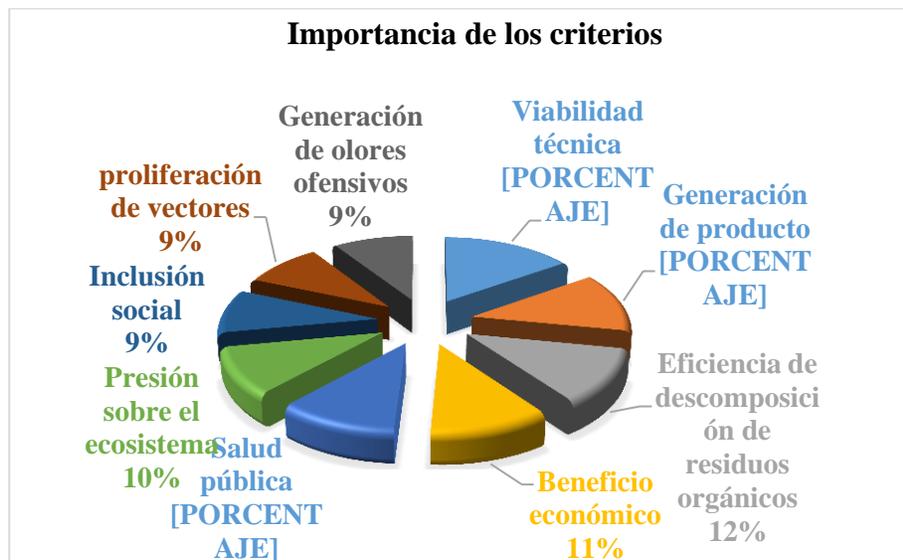


Figura 24. Porcentaje de Importancia de los criterios

Fuente: Autoría propia

➤ **Fase V: Determinación de los Coeficientes de selección ambiental (CSA)**

Se realizó la estimación de los CSA confrontando las alternativas propuesta. Como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 27.

Criterio 1: Viabilidad técnica

| Criterio 1: Viabilidad técnica | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|-------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | | 6 | 9,38 |
| Alternativa 1 | 1 | 5 | 10 | | 10 | 26 | 40,63 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 5 | 6 | 9,38 |
| Alternativa 3 | 1 | | 10 | 5 | 10 | 26 | 40,63 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 64 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 28.

Criterio 2: Generación de producto

| Criterio 2: Generación de producto | | | | | | | |
|---|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,4 |
| Alternativa 1 | 1 | 5 | 10 | | 10 | 26 | 35,1 |
| Alternativa 2 | 1 | 5 | | 5 | 10 | 21 | 28,4 |
| Alternativa 3 | 1 | | 5 | 10 | 10 | 26 | 35,1 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 74 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 29.

Criterio 3: Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos

| Criterio 3: Eficiencia de descomposición de RSO | | | | | | | |
|--|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,6 |
| Alternativa 1 | 1 | 5 | 10 | | 10 | 26 | 40,6 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 10 | 11 | 17,2 |
| Alternativa 3 | 1 | | 10 | 5 | 10 | 26 | 40,6 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 64 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 30.

Criterio 4: Beneficio económico

| Criterio 4: Beneficio económico | | | | | | | |
|--|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,7 |
| Alternativa 1 | 1 | 10 | 10 | | 10 | 31 | 52,5 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 10 | 11 | 18,6 |
| Alternativa 3 | 1 | | 5 | 0 | 10 | 16 | 27,1 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 59 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 31.

Criterio 5: Salud pública

| Criterio 5: Salud pública | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,7 |
| Alternativa 1 | 1 | 5 | 10 | | 10 | 26 | 44,1 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 10 | 11 | 18,6 |
| Alternativa 3 | 1 | | 5 | 5 | 10 | 21 | 35,6 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 59 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 32.

Criterio 6: Presión sobre el ecosistema

| Criterio 6: Presión sobre el ecosistema | | | | | | | |
|--|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,6 |
| Alternativa 1 | 1 | 5 | 10 | | 10 | 26 | 40,6 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 10 | 11 | 17,2 |
| Alternativa 3 | 1 | | 10 | 5 | 10 | 26 | 40,6 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 64 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 33.

Criterio 7: Inclusión social

| Criterio 7: Inclusión social | | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,4 |
| Alternativa 1 | 1 | 10 | 10 | | 10 | 31 | 44,9 |
| Alternativa 2 | 1 | 0 | | 0 | 10 | 11 | 15,9 |
| Alternativa 3 | 1 | | 10 | 5 | 10 | 26 | 37,7 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 69 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 34.

Criterio 8: proliferación de vectores

| Criterio 8. proliferación de vectores | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,9 |
| Alternativa 1 | 1 | 0 | 0 | | 10 | 11 | 20,4 |
| Alternativa 2 | 1 | 10 | | 10 | 10 | 31 | 57,4 |
| Alternativa 3 | 1 | | 0 | 0 | 10 | 11 | 20,4 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 54 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

Tabla 35.

Criterio 9. Generación de olores ofensivos

| Criterio 9. Generación de olores ofensivos | | | | | | | |
|---|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|------------|
| Alt Vs Alt | Nominal | Alternativa 3 | Alternativa 2 | Alternativa 1 | Alternativa 0 | Suma | CSA |
| Alternativa 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1,6 |
| Alternativa 1 | 1 | 10 | 10 | | 10 | 31 | 48,4 |
| Alternativa 2 | 1 | 5 | | 0 | 10 | 16 | 25,0 |
| Alternativa 3 | 1 | | 5 | 0 | 10 | 16 | 25,0 |
| Nominal | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Total | | | | | | 64 | 100 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005).

➤ Fase VI: Análisis de la Matriz final de coeficientes y selección de la alternativa optima

Tabla 36.

Matriz final de coeficientes

| Criterio | CIR | CSA | | | | CIR x CSA | | | |
|---|------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Alternativa 0 | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | Alternativa 0 | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| Viabilidad técnica | 15,3 | 9,38 | 40,63 | 9,38 | 40,63 | 143,514 | 621,639 | 143,514 | 621,639 |
| Generación de productos | 12,7 | 1,4 | 35,1 | 28,4 | 35,1 | 17,78 | 445,77 | 360,68 | 445,77 |
| Eficiencia de descomposición de residuos orgánicos | 11,9 | 1,6 | 40,6 | 17,2 | 40,6 | 19,04 | 483,14 | 204,68 | 483,14 |
| Beneficio económico | 11,0 | 1,7 | 52,5 | 18,6 | 27,1 | 18,7 | 577,5 | 204,6 | 298,1 |
| Salud pública | 11,0 | 1,7 | 44,1 | 18,6 | 35,6 | 18,7 | 485,1 | 204,6 | 391,6 |
| Presión sobre el ecosistema | 10,2 | 1,6 | 40,6 | 17,2 | 40,6 | 16,32 | 414,12 | 175,44 | 414,12 |
| Inclusión social | 9,3 | 1,4 | 44,9 | 15,9 | 37,7 | 13,02 | 417,57 | 147,87 | 350,61 |
| proliferación de vectores | 9,3 | 1,9 | 20,4 | 57,4 | 20,4 | 17,67 | 189,72 | 533,82 | 189,72 |
| Generación de olores ofensivos | 9,3 | 1,6 | 48,4 | 25 | 25 | 14,88 | 450,12 | 232,5 | 232,5 |
| Total | | | | | | 279,624 | 4084,679 | 2207,704 | 3427,199 |

Fuente: Autoría propia con base a la metodología de (Machado, 2005)

En la tabla 36 se observa la matriz final de coeficientes donde se integró los valores de los coeficientes de importancia relativa (CIR) y los coeficientes de selección ambiental (CSA), correspondientes para cada criterio y alternativa. Estos datos permitieron conocer cuál es la alternativa más óptima para la zona de estudio, desde el punto de vista ambiental.

Por consiguiente, en la matriz se evidenció que para el criterio de **viabilidad técnica** los puntajes mayores correspondieron a la alternativa 1 (Vermicompostaje) y la alternativa 3 (Compostaje), debido a su desempeño a la hora de la implementación, costos y capacidad de mantener la técnica en estado funcional. En primer lugar, el vermicompostaje tiene la facilidad de ser implementado a bajos costos, ya que su puesta en marcha se debe a los trabajadores in situ del lugar de trabajo. Además, las maquinarias pueden ser utilizadas para la recolección, venta y transporte del producto final, lo que demuestra que esta alternativa tiene su mayor eficiencia al introducir los RSO y convertirlos en una nueva materia prima para otras cadenas productivas presentes en el municipio. En segundo lugar, el compostaje tiene un desempeño similar al vermicompostaje, sin embargo, este tiene un alto desarrollo técnico ya que necesita maquinaria especializada.

En el resultado obtenido para el criterio de **generación del producto**, la alternativa 1 y la alternativa 3 obtuvieron 445,77 puntos, debido a su fácil implementación e incorporación en los procesos rurales productivos del municipio. Estas alternativas permiten rescatar todo tipo de material orgánico biodegradable y utilizar el producto obtenido como fertilizante, contribuyendo así al cambio de los químicos altamente contaminantes para el suelo, agua, sub suelo, fauna y la salud humana, entre otros. Particularmente el producto del vermicompostaje es mejor fertilizante que el obtenido por medio de la alternativa del compostaje, puesto que las lombrices procesan los RSO convirtiéndolos en humus sólido y humus líquido siendo estos excelentes portadores de nutrientes al suelo.

El resultado para el criterio de **eficiencia de descomposición de los residuos orgánicos** destacó la alternativa 1 y 3 debido a que ambas utilizan microorganismos que actúan directamente en la descomposición de la materia orgánica, sin embargo, el manejo de cada una es totalmente diferente, por lo tanto, su rendimiento y eficiencia varía en un 10 por ciento, en vista de que el vermicompostaje tiene un 40 por ciento y el compostaje oscila entre un 30 - 35 por ciento.

Desde otro punto de vista, el análisis de alternativas va ligado al **beneficio económico** que estas les entregan a los principales actores involucrados. Estos beneficios económicos se ven relacionados en la mano de obra, las maquinarias utilizadas y los diferentes productos de comercialización para cada una de las alternativas. Por tal motivo, la alternativa 1 presenta mayor rendimiento y rentabilidad frente al aprovechamiento de los RSO, puesto que no requiere grandes inversiones en la maquinaria e infraestructura utilizada para el manejo y desarrollo de su funcionamiento, facilitando su implementación y utilización. Esta alternativa genera numerosos beneficios económicos al medio ambiente y al ser humano, de manera que su utilización aumenta la actividad biológica de los suelos, provee nutrientes a la fauna y produce innumerables beneficios en las diferentes industrias alimentarias. Sin embargo, su principal beneficio está ligado a la disminución de RSO generados por el alto consumo de estos mismos.

El resultado obtenido para el criterio de **inclusión social** resaltó la alternativa 1, debido a que el desarrollo y puesta en marcha de esta no requiere de una infraestructura compleja, permitiendo la integración de diferentes segmentos de la población municipal como madres cabeza de familia, grupo de persona con discapacidad auditiva, entre otros grupos sociales vulnerables. Esta información se corroboró con lo descrito en la tabla 21.

Por otra parte, la **generación de olores ofensivos** y **proliferación de vectores** afecta directamente a la **salud pública**, en estos tres aspectos la alternativa 1 se destacó, debido a que proporciona diferentes beneficios como la disminución de enfermedades producidas por vectores provenientes de la acumulación de RSO inadecuadamente dispuestos, ya que el vermicompostaje al ser una alternativa que se basa en el cultivo y mantenimiento de lombrices tiene como fin su protección, por lo que se garantiza de que no exista ningún tipo de vector que afecte el desarrollo óptimo del proceso de aprovechamiento de los RSO, del mismo modo evita la generación de olores ofensivos.

Finalmente, con los datos arrojados por la matriz y el análisis de está, la alternativa que se seleccionó para el diseño de la propuesta de aprovechamiento de RSO fue el vermicompostaje, con base a que obtuvo un total de 4084,7 puntos, seguido de el compostaje con 3427,2 puntos y la digestión anaeróbica 2207,7 y por último la situación actual de la plaza de mercado obtuvo el menor puntaje con 279,6 puntos.

8.3 Propuesta de diseño para el aprovechamiento de residuos orgánicos

A continuación, se presenta el diseño de la propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, como resultado de un proceso de investigación descriptiva con un enfoque mixto, donde se evidencia el conocimiento adquirido durante la carrera de Ingeniería Ambiental y como solución a la problemática identificada acerca de la falta de gestión eficiente de estos RSO.

El diseño se realizó basándose en los procesos llevados a cabo del vermicompostaje como método de aprovechamiento. Este diseño se adaptó a las necesidades específicas de la plaza de mercado de Facatativá y tipología de los residuos orgánicos generados. Apoyándose también en normas certificables como las establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Al final de este diseño se encuentra una aproximación de los costos que se involucrarían en la aplicación de la propuesta.



Figura 25. Resumen de la propuesta de diseño para el aprovechamiento de los RSO

Fuente: Autoría propia utilizando Google imágenes

1. Separación en la fuente

La separación de residuos sólidos orgánicos es esencial para el correcto aprovechamiento de los residuos de frutas y verduras generados mayoritariamente en la plaza de mercado. Por tal motivo se planteó realizar un programa de manejo ambiental (ver anexo 5), que permita a los comerciantes capacitarse en pro de una adecuada separación en la fuente.

2. Centro de transferencia

Es importante contar con el centro de transferencia para los residuos orgánicos puesto que este optimizaría el proceso de recolección y transporte a la planta de aprovechamiento. Por tal motivo se recomienda disponer de una zona en la parte nororiental de la plaza de mercado, con un área aproximada de 66 metros cuadrados (ver anexo 6), encerrada en mampostería y con una altura mayor a tres metros; esto con el fin de prevenir impactos visuales y entrada de vectores (ICONTEC, 2006). A continuación, se muestra la ubicación propuesta² (Ver figura 27).

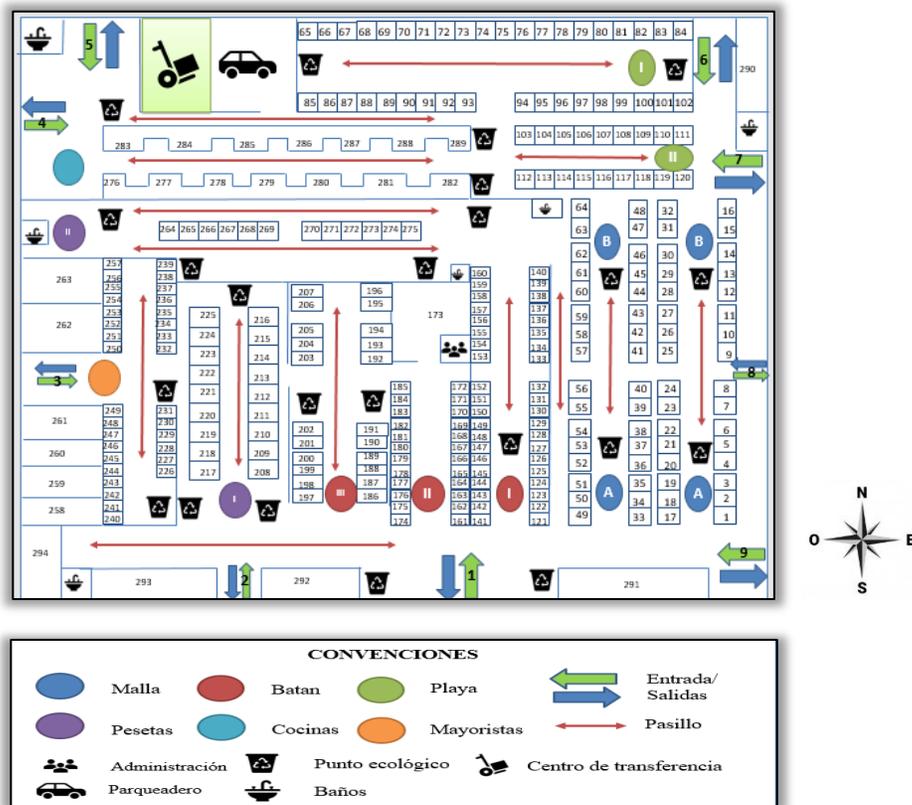


Figura 26. Ubicación sugerida para el centro de transferencia
Fuente: Autoría propia

² La ubicación del centro de transferencia se propuso teniendo en cuenta los espacios libres de los que dispone la plaza mercado; según la información suministrada por el administrador: Marco Cifuentes (M.T. Cifuentes, comunicado personal, 12 de febrero de 2019).

3. Recolección y transporte

La frecuencia de recolección de los residuos sólidos generados en la plaza, se realiza actualmente los días lunes, miércoles y viernes. Por tal motivo se propuso recoger los RSO en el mismo horario; sin embargo, estos serían transportados a su destino de aprovechamiento en un carro recolector independiente, para que de esta manera se evite mezclarlos con otro tipo de residuos domésticos y prevenir el entorpecimiento del proceso (ver figura 28). Se sugiere solicitar a la empresa encargada del servicio de aseo el transporte de los RSO al centro de aprovechamiento, con el fin de utilizar al máximo la capacidad del vehículo. En caso de no ser posible, se podría contratar a un particular que facilitara esta acción.



Figura 27. Resumen recolección y transporte de RSO a planta de vermicompostaje
Fuente: Autoría propia utilizando Google imágenes



Figura 28. Rutas para transporte de RSO
Fuente: Autoría propia utilizando la aplicación Waze

4. Planta de aprovechamiento

4.1 Diseño de la planta de aprovechamiento de RSO

El diseño de la planta de vermicompostaje se realizó de acuerdo a los siguientes documentos: Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina, (Román et al., 2013); Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura, (Secretaría distrital de habitat y Universidad nacional de colombia, s.f.); Manual de lombricultura (Lombricompost E.U, 2014) y conforme a la información obtenida en la visita técnica que se realizó a la empresa Lombricompost E.U³.

4.2 Criterios de diseño

4.2.1 Localización

La planta de vermicompostaje se aconsejó ubicar en el predio que pertenece a la alcaldía de Facatativá. Debido a que este, está ubicado en un área de actividad industrial (Ver Anexo 8). La cual, según el Plan de ordenamiento territorial de Facatativá, se pueden realizar procesos productivos con aplicación de reconversión industrial y producción limpia, esta cuenta con un índice de ocupación máximo permisible del 50 por ciento del área total del predio (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2002b)

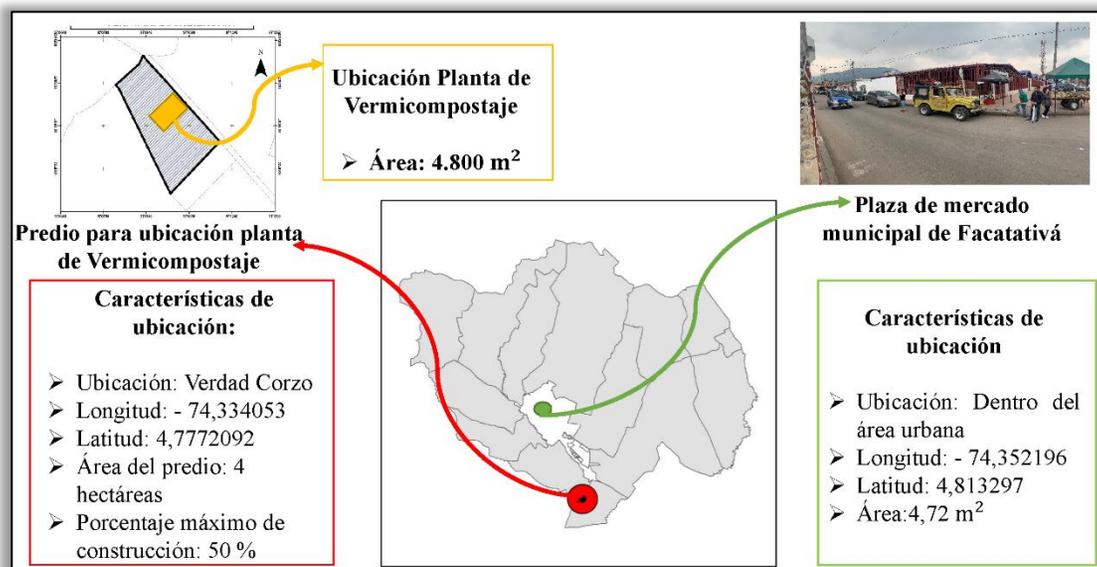


Figura 29. Sugerencia de ubicación de la planta de vermicompostaje

Fuente: Autoría propia con aporte de (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2018)

³En la visita técnica se entrevistó a Andrés Garcés, director comercial de la empresa Lombricompost, quien nos dio una guía preliminar para poder formular el diseño del vermicompostador de acuerdo a las características propias de la plaza de mercado (Ver Anexo 6)

El predio para la ubicación de la planta de aprovechamiento cuenta con un área de 420.000 metros cuadrados, de los cuales se sugirió utilizar 4.800 metros cuadrados (Ver anexo 9). Por tal motivo se tomaron en cuenta factores geográficos del municipio de Facatativá. Finalmente, se sugirió ubicar la planta de vermicompostaje en la parte Suroccidente del predio. Como se observa en la siguiente figura.

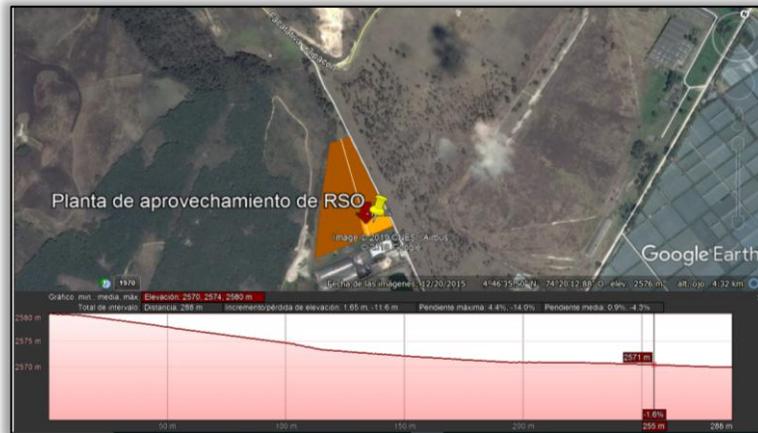


Figura 30. Ubicación de la planta de aprovechamiento de los RSO
Fuente: Autoría propia por medio de Google Earth

4.2.2 Zona de recepción de RSO

La zona de recepción es la etapa que engloba todas las operaciones que tienen lugar entre la llegada de los residuos orgánicos a la planta y su posterior traslado a la zona de tratamiento (vermicompostador). Por tal motivo es importante tener en cuenta si es necesario contar con una zona de almacenamiento para los residuos orgánicos a tratar; si es que la posterior etapa de transformación de dichos residuos no se lleva a cabo justo después de la descarga. Adicionalmente es necesario tener en cuenta la cantidad y tipología de residuos orgánicos a recibir y contar con un área de entrada y salida del transporte acorde a las características del vehículo destinado para tal fin (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016).

➤ Diseño de la zona de descarga

Se diseñó la zona de recepción con base a las 37 toneladas de RSO que se producen aproximadamente cada mes en la plaza de mercado. Se estimó que en la planta de vermicompostaje se recibirían 3 toneladas de RSO los días lunes, miércoles y viernes de cada semana, las cuales serían trasladadas⁴ inmediatamente después de la descarga a la zona del vermicompostador, de modo que el almacenamiento temporal es innecesario; sin embargo, se recomienda contar con un centro de transferencia pavimentado y cubierto, con el fin de prevenir posibles riesgos laborales e impactos ambientales a causa de los lixiviados generados por la

⁴ El traslado de los RSO al vermicompostador se realizaría por medio de carretillas con capacidad aproximada de 80 kilogramos, se estimó que se deberían realizar 40 viajes para transportar 3 toneladas equivalentes a 3.000 kilogramos.

descomposición de los RSO. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de diseño para el centro de transferencia.

Tabla 37.

Dimensiones del centro de transferencia

| Dimensiones centro de transferencia | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------|
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Altura | Metros (m) | > 3 |
| Longitud | Metros (m) | 6 |
| Ancho | Metros (m) | 6 |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 36 |

Fuente: Autoría propia

4.2.3 Vermicompostador

El vermicompostador es el lugar donde se realiza el proceso de composta de los RSO utilizando lombrices. Permite obtener un abono orgánico denominado vermicompost⁵. Es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros: el pie de lombriz, tipo de alimento, cama que permita contar con las condiciones ambientales óptimas de vida de la lombriz y el ciclo de cosecha del vermicompost (Román et al., 2013).

La especie de lombriz utilizada comercialmente es *Eisenia foetida* conocida comúnmente como la lombriz roja californiana. Debido a que es muy hábil en su alimentación consumiendo alimento cada 24 horas correspondiente a su propio peso. Adicionalmente esta especie requiere para su alimentación de altas concentraciones de materia orgánica (Román et al., 2013). En la siguiente figura se resumen las características de la lombriz roja californiana.

⁵ Se llama vermicompost al producto obtenido de la defecación de la lombriz luego de transformar la materia orgánica. Este es de color negruzco, granuloso, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque (visita técnica realizada a la empresa Lombricompost E.U, 12-03-2019), (ver anexo 6).

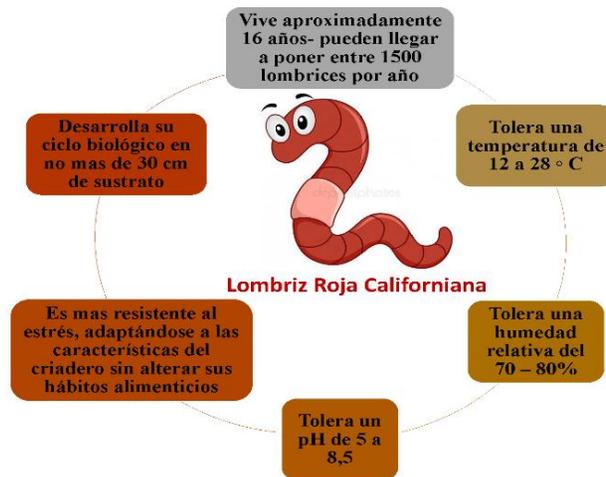


Figura 31. Características de la Lombriz Roja Californiana

Fuente: Autoría propia adaptado de (Jiménez y Esquivel, 2008,p.8 y 9)

“Existen diferentes opciones, tamaños y calidad de camas para cultivar lombrices, lo importante es que sean recipientes abiertos para que se facilite la alimentación y la visualización”(Román et al., 2013). Por otro lado, se recomienda que las camas cuenten con una profundidad de 50 a 60 centímetros, debido que “las lombrices no profundizan buscando el alimento”(Schuldt, Christiansen, Scatturice y Mayo, 2007). Además, se sugiere que las camas tengan 1,5 metros de ancho, equidistante a un metro, tengan una pendiente del 1 a 3 por ciento para facilitar la recolección del humus⁶ líquido y un largo en función del área disponible para tal fin. Cabe resaltar que las dimensiones varían de acuerdo a la cantidad de residuos que se quieran transformar (Lombricompost E.U, 2014).

En la adecuación de las camas se debe tener en cuenta que por cada metro cuadrado se deben depositar 20 kilogramos de lombriz roja californiana, con una capa inicial de “alimento fresco” de 5-10 centímetros. Adicionalmente, se les debe suministrar agua, la cantidad dependerá de la época del año; siendo en primavera y otoño una vez por semana; en invierno una vez cada 15-20 días y en verano hasta dos veces al día. Por otra parte la humedad deberá mantenerse entre el 70% -80 % y la temperatura no deberá superar los 32° C (Lombricompost E.U, 2014). Por consiguiente, se recomienda que las camas se ubiquen dentro de una estructura tipo invernadero, se les adecue un costal de fibra o plástico en el fondo y se cubran con poli-sombra o una tapa metálica, con el fin de protegerlas de la lluvia, la luz del sol y temperaturas extremas en tiempos de heladas o invierno (Román et al., 2013).

El ciclo de cosecha del vermicompost dependerá del sistema de producción y la cantidad de residuos a transformar. Usualmente se sugiere que la cosecha se lleve a cabo 4 veces al año, realizando cada ciclo en un tiempo de 3 meses. Posterior a cada ciclo se debe ejecutar la técnica

⁶ Humus líquido: son los lixiviados generados en la cama de lombrices, las cuales generan 50 litros por metro cuadrado. (Visita técnica realizada: 19-03-2019)

del trapeo ⁷de la lombriz o retirar los 10 primeros centímetros de vermicompost con lombriz. Esto con el fin de recolectar y transportar el vermicompost a la zona de secado. Luego de esta labor se deben adecuar nuevamente las camas con las características iniciales (Lombricompost E.U, 2014).

➤ Diseño del vermicompostador

Conforme a las características recomendadas del vermicompostador y la caracterización de RSO en la plaza de mercado. Este se diseñó con una altura mayor a 3 metros, con 27,5 metros de largo y 26 metros de ancho. Se planteó una estructura tipo invernadero cubierta con plástico blanco translucido calibre 8, con el fin de obtener las condiciones ambientales óptimas para la lombriz. Cabe resaltar que esta estructura debe estar ubicada en la parte más alta del predio ⁸.

Se estableció que para el aprovechamiento de la totalidad de los RSO es necesario contar con 20 camas de lombriz. Ya que por cada una se obtendría el 40% de vermicompost correspondiente a 2,4 toneladas y 750 litros de humus liquido por cama, cada 3 meses. Estas se organizaron en dos filas distribuidas equitativamente, con una equidistancia de 1 metro y con 2 metros de distancia entre fila y fila. En las esquinas externas de cada cama, se debe instalar un pozo con un área de un metro cuadrado, en donde se ubique un contenedor ⁹plástico de 1 galón y en su boquilla un embudo plástico con diámetro de 10 centímetros (ver figura 33). Con el fin de aprovechar el humus liquido producido por la lombriz.



Figura 32. Sugerencia de diseño para manejo de Humus liquido
Fuente: (TvAgro, 2018)

⁷ Técnica del trapeo: consiste en retirar los 10 primeros centímetros de cobertura de la cama de lombriz. (Visita técnica realizada: 19-03-2019).

⁸ Las camas se recomiendan ubicar en la parte más alta del lote, con el fin de evitar inundaciones de estas. (Visita técnica realizada: 19-03-2019).

⁹ El diseño de recolección se plantea de acuerdo a como lo realiza la empresa Fertilombriz (TvAgro , 2018)

La cama de lombriz se diseñó con una altura de 45 centímetros, con 1.5 metros de ancho, 10 metros de largo y una pendiente del 2 % hacia una de sus paredes. En las cuales se deben disponer 200 kilogramos¹⁰ de lombriz y 1 tonelada de RSO a lo largo de cada cama. Adicionalmente se debe instalar en la parte profunda de la cama un tubo de PVC o Polipropileno de 160 milímetros de diámetro, perforado y cubierto con poli-sombra.

Tabla 38.

Diseño del vermicompostador

| Dimensiones del vermicompostador | | |
|---|----------------------------|--------------|
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 27 |
| Ancho | Metros (m) | 26 |
| Altura | Metros (m) | > 3 |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 702 |
| Diseño de camas | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 10 |
| Ancho | Metros (m) | 1,5 |
| Altura | Centímetros (cm) | 45 |
| Pendiente | Porcentaje (%) | 2 |
| Cantidad de lombriz Roja Californiana | Kilogramo (Kg) | 200 kg |
| RSO por cama | Tonelada (T) | 1 Tonelada |
| Diseño para manejo de lixiviados | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Pozo por cama | Metros cuadrados (m^2) | 1 |
| Contenedor plástico | Galones (gal) | 5 |
| Embudo plástico | Centímetros (cm) | 10 |
| Diámetro de tubo (PVC o PL) | Pulgadas | 3 |

Fuente: Autoría propia

➤ **Diseño del ciclo y proceso del vermicompostador**

Cada ciclo corresponde a un periodo de 3 meses, en el cual se alimentarían las lombrices cada 15 días, y se regarían las camas cada 2 días¹¹; como se explica a continuación:

Mes 1: Se alimentarían con 9 toneladas semanales aproximadamente la totalidad de 9 camas correspondientes a la primera fila. En donde el día lunes luego de recibir 3 toneladas de restos de

¹⁰ 200kg de Lombriz correspondes a 15 bultos de lombriz de 20 kg. Visita técnica realizada: 19-03-2019.

¹¹ La cantidad distribuida de agua o humus liquido por cama, dependerá de la época del año, como se recomienda en el Manual de lombricultura, (Lombricompost E.U, 2014).

frutas y verduras, estas serían trasladadas en carretillas de 80 kg (13 viajes) hasta el vermicompostador; donde se distribuiría 1 tonelada por cada cama, alimentando así 3 camas por día. Este proceso se repite los días miércoles y viernes, días en los cuales se estima llegarían los RSO a la planta de vermicompostaje.

El riego de las camas sería los días martes y jueves de cada semana, este riego se puede realizar recirculando el mismo humus líquido el cual se estaría almacenando en un bidón plástico con capacidad de 5 galones. Para saber si la cama cuenta con la humedad necesaria se recomienda realizar la “prueba de puño”, esta consiste en agarrar una cantidad del sustrato con el puño de una mano, aplicando una fuerza, lo normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas la humedad está en un 80 % aproximadamente; o se podría utilizar un medidor de humedad, para confirmar que está este entre el 70% a 80% (Ecoforest, 2019).

Mes 2: Se repite el proceso del mes 1

Mes 3: Se repite el proceso descrito anteriormente; sin embargo, las dos últimas semanas es donde se realizaría el proceso de cosecha del vermicompost. El cual consiste en retirar los 10 primeros centímetros de cobertura de la cama, con el fin de realizar el trapeo la lombriz, la cual ya se encontraría en la superficie en busca de alimento. Estas serían ubicadas temporalmente en bultos de 30 kg, mientras se recolecta y transporta el abono hacia la cámara de secado. Posterior a esto, se realiza la adecuación de la cama y se aprovecha a revisar su estructura con el fin de que está se encuentre en óptimas condiciones; de ser así se procede a adecuar la cama de lombriz como se explicó en el mes 1, iniciando de nuevo el ciclo.

Tabla 39.

Diseño de esquema del ciclo del vermicompostador

| Filas de cama | Mes 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|
| | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | | Semana 3 | | | | | Semana 4 | | | | |
| | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v |
| Fila 1 (9 camas) | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | X | X | X | X | | X | | X | |
| Fila 2 (9 camas) | | X | | X | | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | X | X | X | X |
| Filas de cama | Mes 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | | Semana 3 | | | | | Semana 4 | | | | |
| | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v | l | m | m | j | v |
| Fila 1 (9 camas) | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | X | X | X | X | | X | | X | |
| Fila 2 (9 camas) | | X | | X | | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | X | X | X | X |
| Filas de cama | Mes 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

FORMULACIÓN DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMO APORTE A UNA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE. CASO DE ESTUDIO: PLAZA DE MERCADO, MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

Luz Amparo Gallego Otalvaro
Christian Felipe Rivera Murillo

| | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | | Semana 3 | | | | | Semana 4 | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|--|--|--|--|
| | l | m | m | j | v | l | m | x | j | v | l | m | m | j | v | L | m | m | j | v | | | | |
| Fila 1 (9 camas) | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | | | | |
| | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | |
| Fila 2 (9 camas) | | X | | X | | X | X | X | X | X | | X | | X | | X | | X | | X | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | |
| Referencia de color | Riego | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Alimentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cosecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Autoría propia

4.2.4 Cámara de secado

La cámara de secado es el lugar donde se ubica el vermicompost obtenido en la cosecha, con el fin de acopiarlo temporalmente en forma de pila. Posterior a esto se debe adecuar en capas máximas de 10 centímetros y dejar secar durante 2-4 días, con el fin de que baje la humedad al 20 por ciento. Por otro lado, se recomienda que el lugar cuente con ventilación y este cubierto, para protegerlo de las condiciones climáticas adversas (A. Garcés , comunicado personal, 29 de marzo de 2019).

➤ Diseño cámara de secado

La zona de secado se diseñó con 20 metros de largo, 26 metros de ancho y una altura mayor a 3 metros. Este se debe cubrir con plástico blanco translúcido y construir sobre una placa de cemento. La cámara de secado se dividió en tres lugares; el primer lugar se diseñó con 20,8 metros de ancho y 12 metros de largo, puesto que en este lugar se acopiaría el vermicompost generado por cada cama al final del ciclo, el cual se estima serían 43,2 toneladas. Por tal motivo se propone distribuir el abono en 18 pilas, estas distribuidas en 3 filas a lo largo y 6 filas a lo ancho, cada pila debe tener un área de 4 metros cuadrados, en donde se ubicaría de manera equidistante a la pila un tubo de acero de 2 metros de largo, enterrando 0,5 metros en el suelo y dejando 1,5 metros sobresalir; los tubos se ubicarían cada 3 metros de lado y lado. Cada 3 o 4 días los espacios irían quedando libres. Como se observa en la siguiente figura.

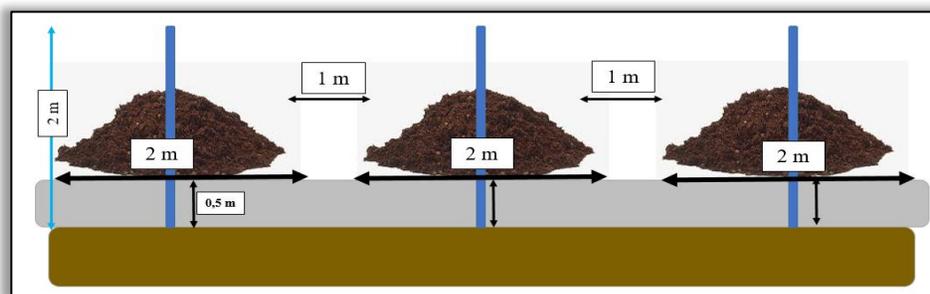


Figura 33. Diseño de distribución de pilas

Fuente: Autoría propia

El segundo lugar se diseñó con 26 metros de ancho y 8 metros de largo, debido a que en este lugar se dispondría el vermicompost acumulado en las pilas. En donde se podrían disponer 3 pilas por 4 días, estas ocupando un área de 36 metros cuadrados y en capas máximas de 10 centímetros. Esto con el fin de poder realizar volteos diarios con un rastrillo y obtener un secado homogéneo. El tercer lugar, es donde se tamiza y empaca el humus en bultos de 30 kilogramos, se estima que el vermicompost generado por cada cama se almacenaría en 80 bultos aproximadamente, permitiendo así su posterior almacenamiento y comercialización. Por consiguiente, se diseñó este lugar con 5,2 metros de ancho y 10 metros de largo, debido a que en este lugar se ubicaría la máquina para el cernido del humus sólido, la cual se recomienda sea, con mecanismo de acción manual, color: gris plateado, estructura completa metálica, tambor de

diámetro de 50 centímetros, malla acerada de 0.5 milímetros, tolva de ingreso del material: mecánica, rodillo de arrastre de acero y trate un peso aproximado de 250 kilogramos (Lombricultura de Tenjo, s.f.).

Tabla 40.

Diseño cámara de secado

| Dimensiones cámara de secado | | |
|---|----------------------------|--------------|
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 20 |
| Ancho | Metros (m) | 26 |
| Altura | Metros (m) | 3> |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 520 |
| Dimensiones primer sub-área | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 12 |
| Ancho | Metros (m) | 20,8 |
| Altura | Metros (m) | 3> |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 249,6 |
| Dimensión de pila | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 2 |
| Ancho | Metros (m) | 2 |
| Altura | Metros (m) | 1,5 |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 4 |
| Altura del tubo (acero) | Metros (m) | 2 |
| Dimensiones segunda sub-área | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 8 |
| Ancho | Metros (m) | 26 |
| Altura | Metros (m) | 3> |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 208 |
| Dimensiones tercer sub-área | | |
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Longitud | Metros (m) | 10 |
| Ancho | Metros (m) | 5,2 |
| Altura | Metros (m) | 2> |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 52 |
| Capacidad de máquina para el cernido del vermicompost | Kilogramos (Kg) | 250 |

Fuente: Autoría propia

4.2.5 Área de almacenamiento

El área de almacenamiento es el lugar donde se mantendría el producto obtenido tanto sólido como líquido. Por tal motivo debe ser un área oscura y cubierta, con capacidad de almacenar la cantidad total del producto obtenido (A. Gutiérrez, comunicación personal, 29 de marzo de 2019).

➤ Diseño del área de almacenamiento

Se diseñó el área de almacenamiento con 11 metros de largo, un ancho de 15,6 metros y una altura mayor a 3 metros, se recomienda estar cubierta en mampostería, con el fin de que se pueda almacenar el vermicompost sobre estibas de 1 metro cuadrado distribuidas en 2 secciones, cada sección tendría 48 estibas. El humus líquido se almacenaría en 16 bidones plásticos, estos con una capacidad de 1000 litros.

Tabla 41.

Diseño área de almacenamiento del producto obtenido

| Área de almacenamiento | | |
|------------------------|----------------------------|-------|
| Parámetro | Unidad | Valor |
| Altura | Metros (m) | 3> |
| Longitud | Metros (m) | 11 |
| Ancho | Metros (m) | 15,6 |
| Área | Metros cuadrados (m^2) | 171,6 |
| Área estiva | Metros cuadrados (m^2) | 1 |
| Capacidad de bidón | Litros (l) | 1000 |

Fuente: Autoría propia

4.3 Planos de la planta de vermicompostaje

A continuación, se muestra el diseño final de la planta de vermicompostaje con los parámetros descritos anteriormente. Los planos se realizaron por medio de la aplicación vectorworks de Apple.

4.3.1 Plano general de la planta de vermicompostaje

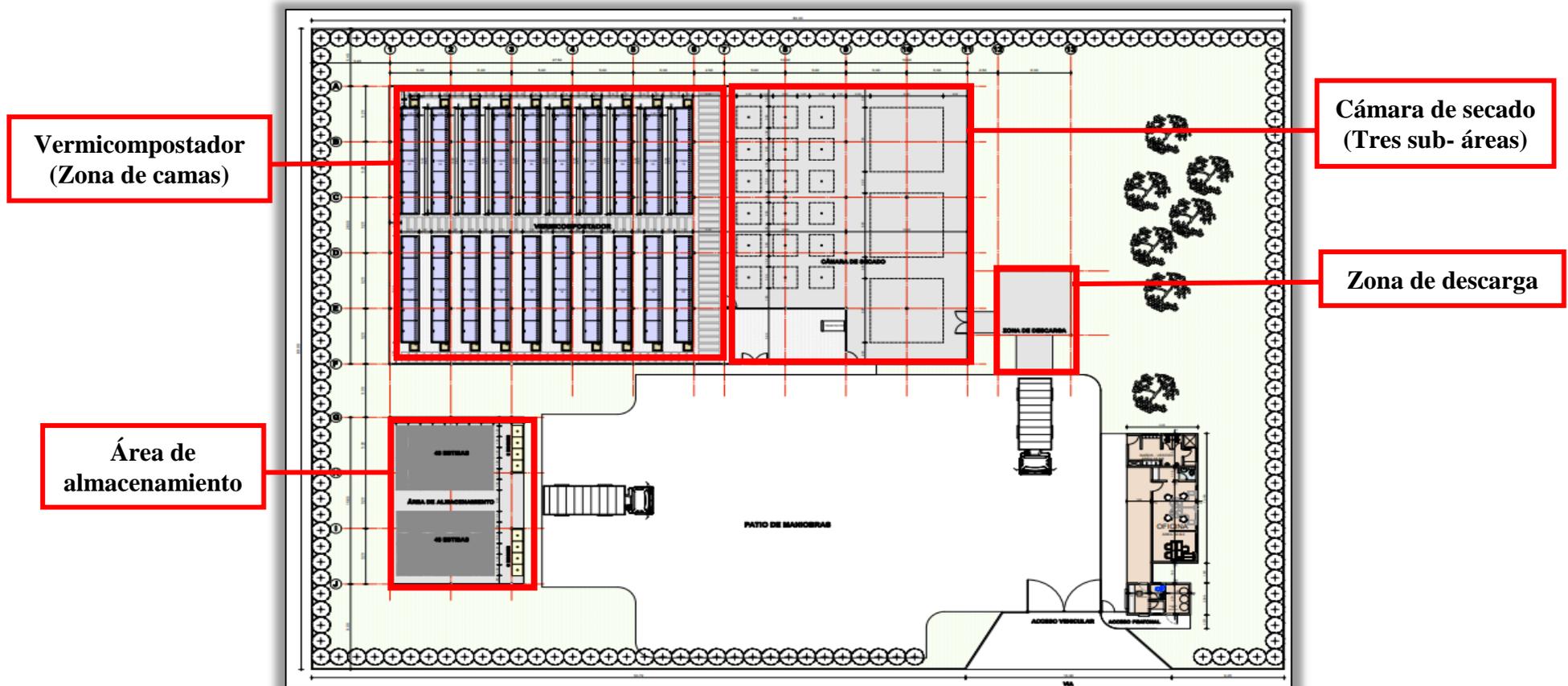


Figura 34. Plano general de la planta de vermicompostaje a escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple (Ver anexo 15)

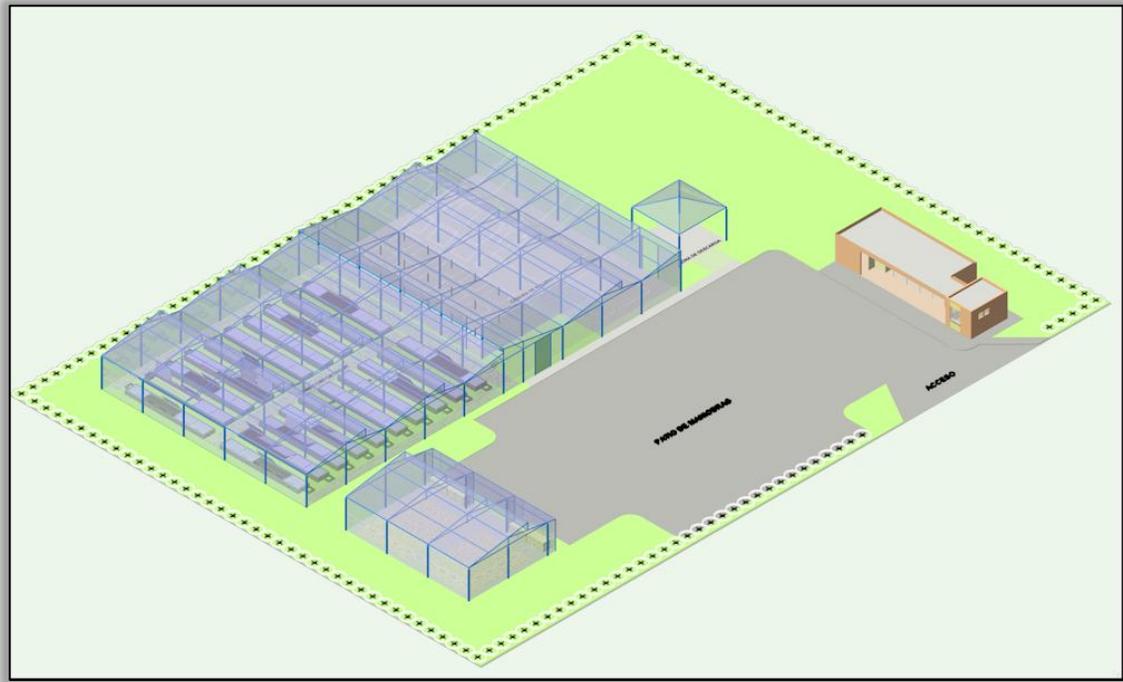


Figura 35. Vista 3D de la planta de vermicompostaje
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.2 Plano de la zona de descarga



Figura 36. Plano de la zona de descarga escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.3 Plano del vermicompostador

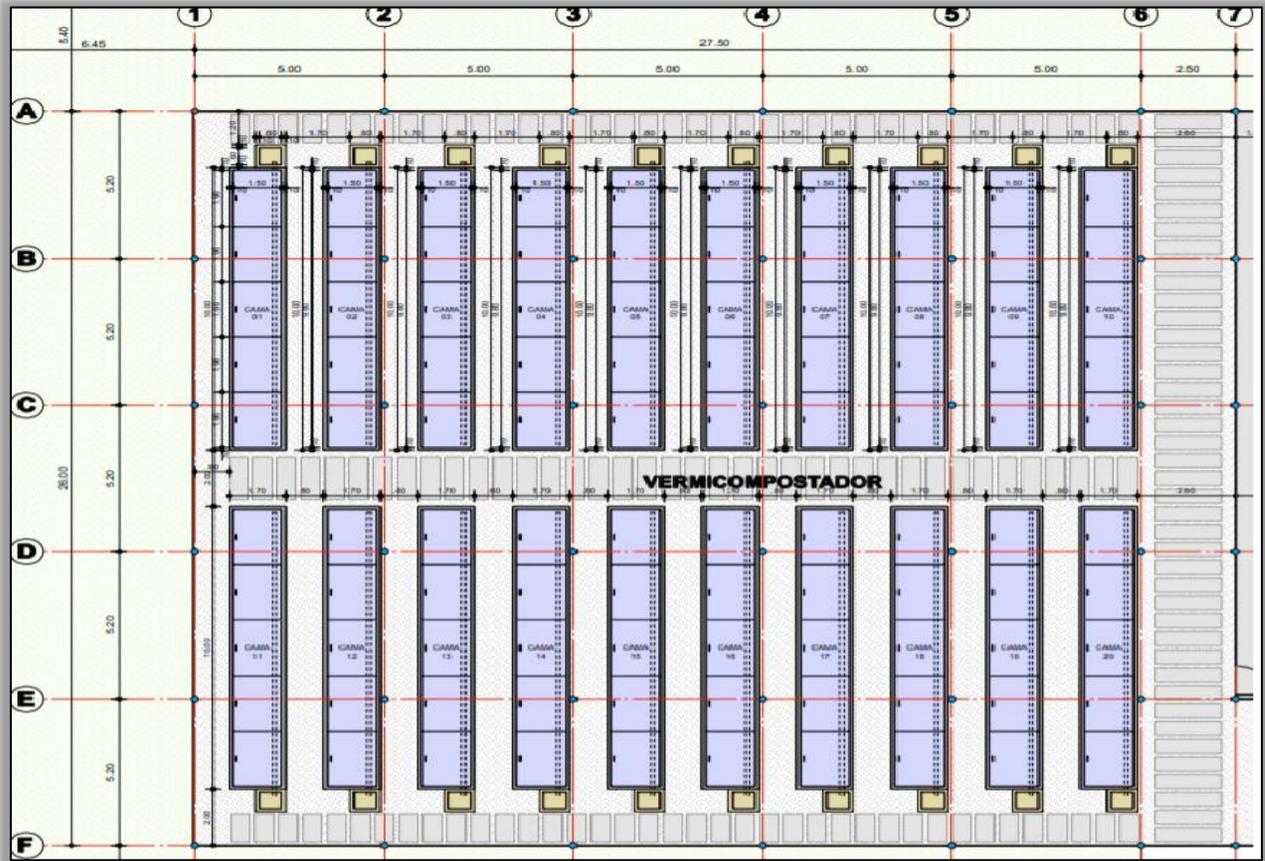


Figura 37. Plano del vermicompostador escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

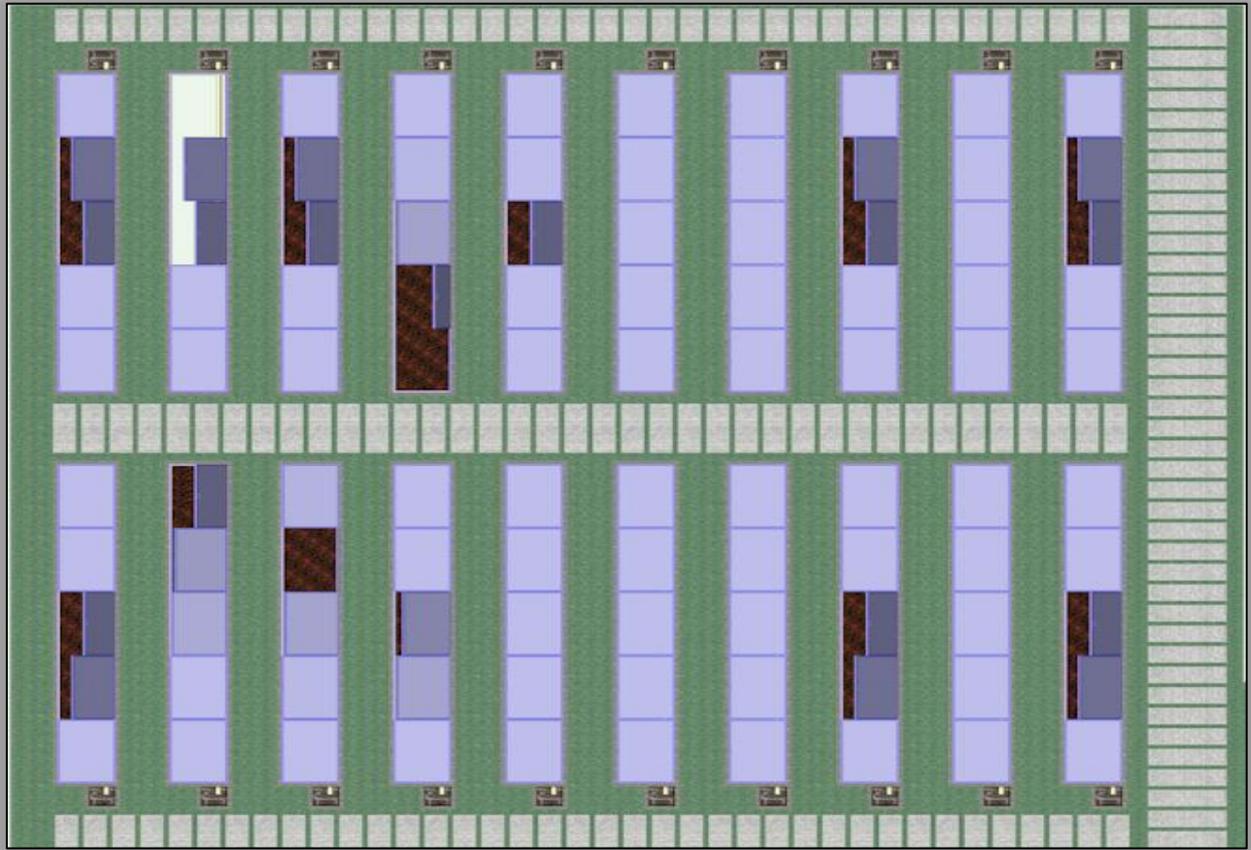


Figura 38. Vista 3D de vermicompostador

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.3.1 Diseño de camas

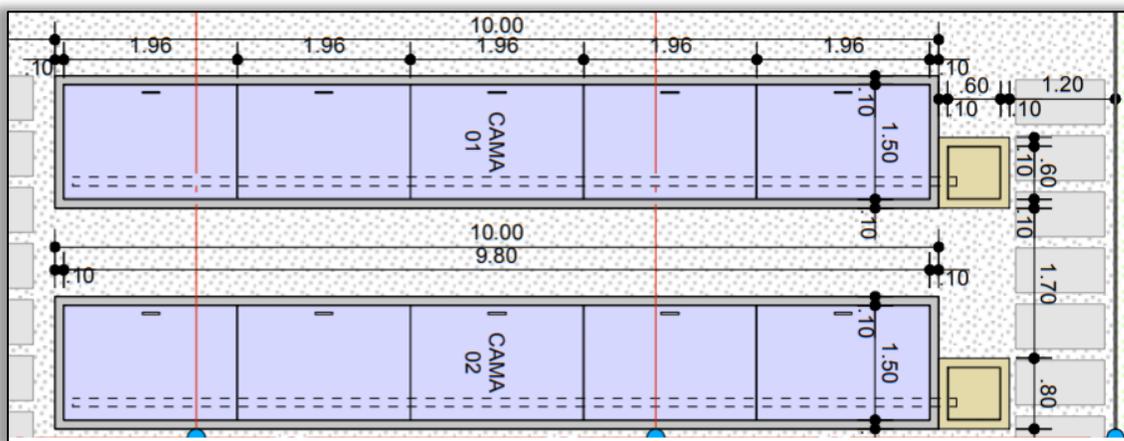


Figura 39. Plano de camas escala 1:100

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

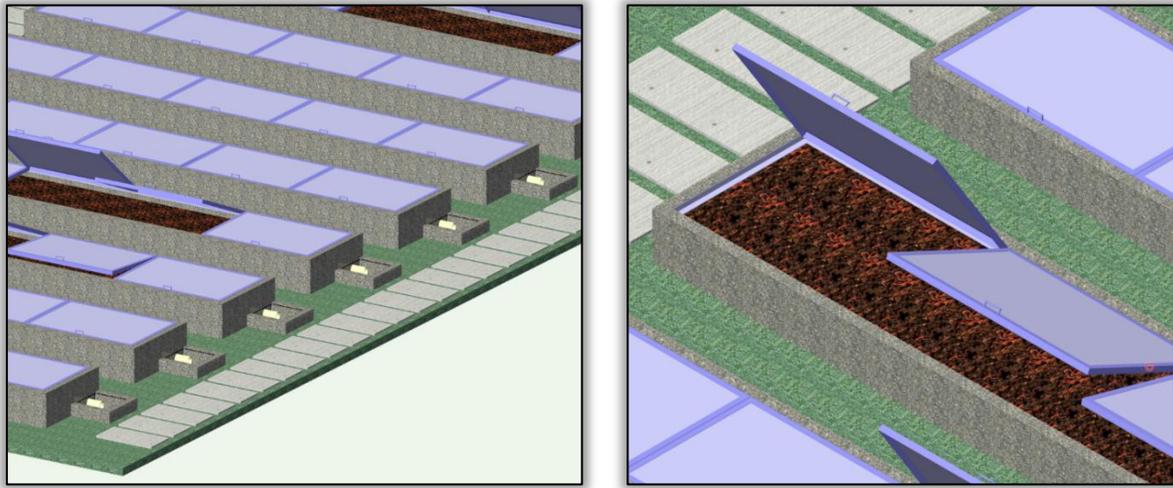


Figura 40. Vista 3D de las camas

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

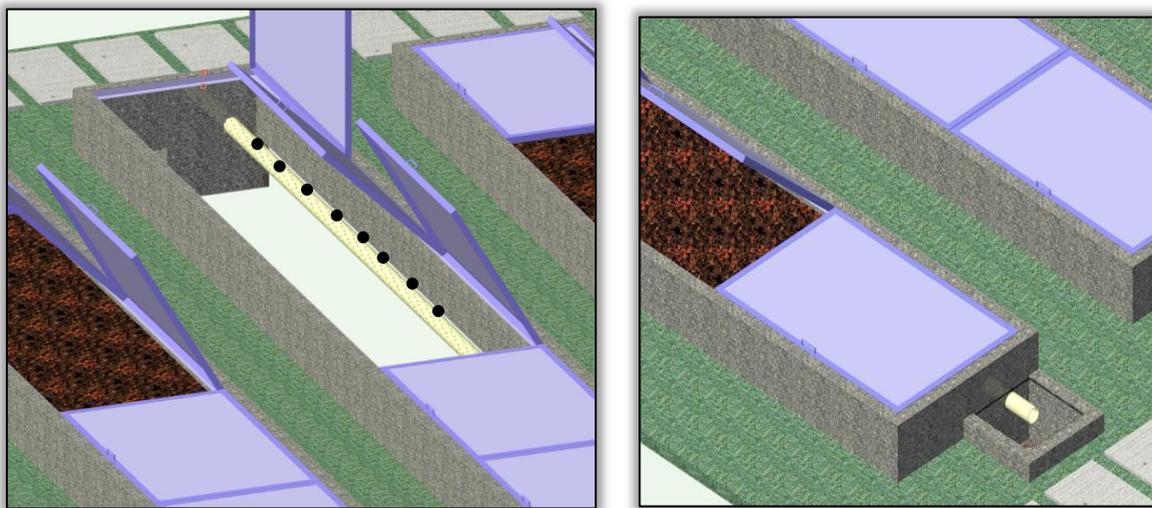


Figura 41. Vista 3D sistema de lixiviados

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.4 Cámara de secado

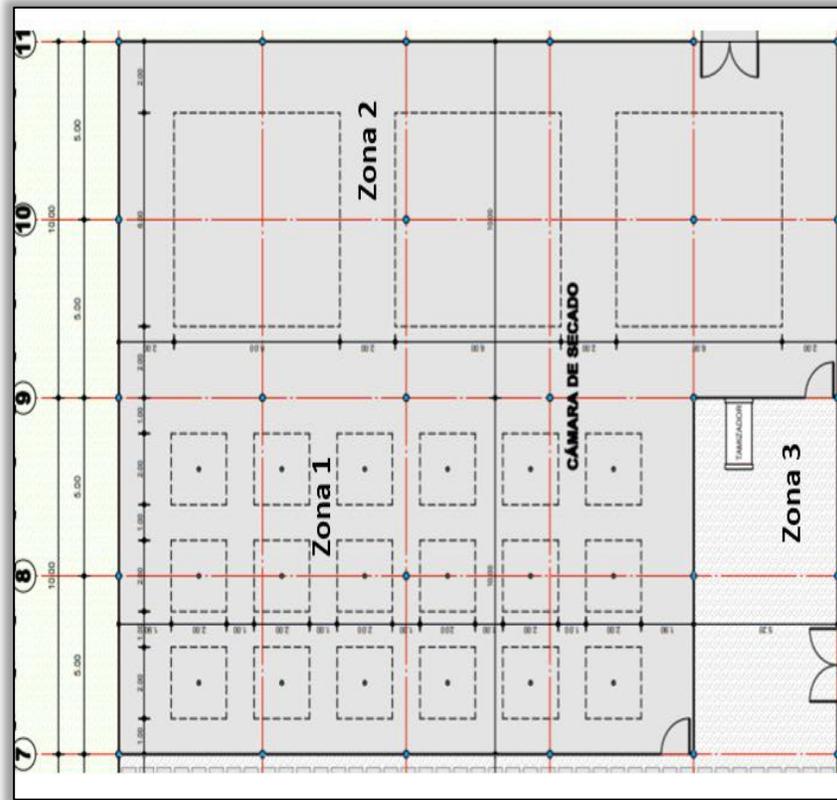


Figura 42. Plano cámara de secado escala 1:100

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

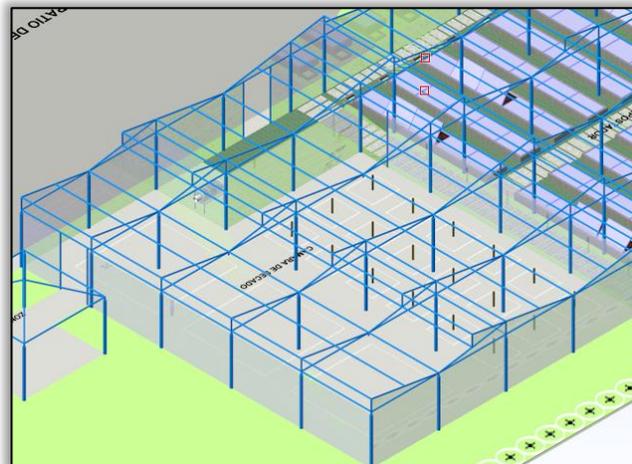


Figura 43. Vista 3D cámara de secado

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.4.1 Primer sub-área

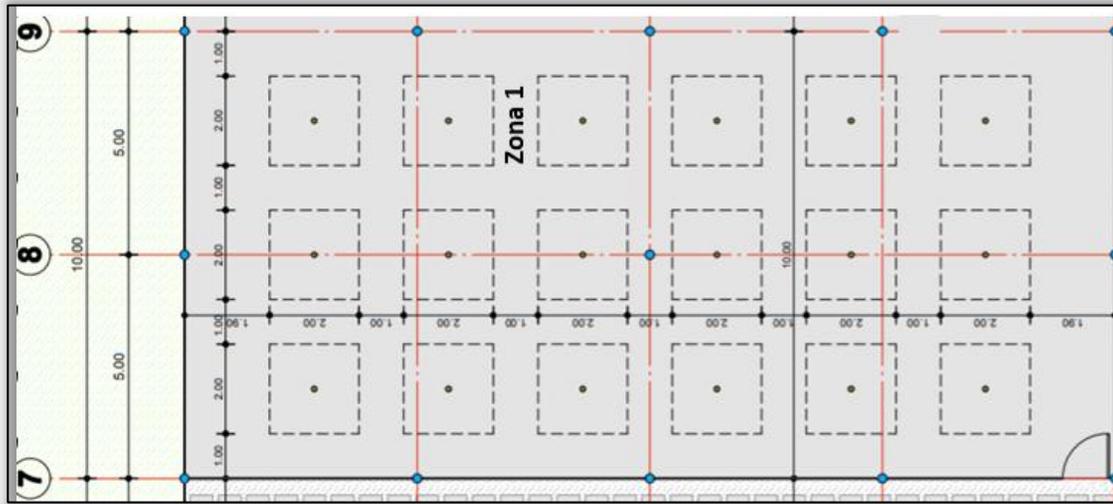


Figura 44. Plano primer sub-área escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

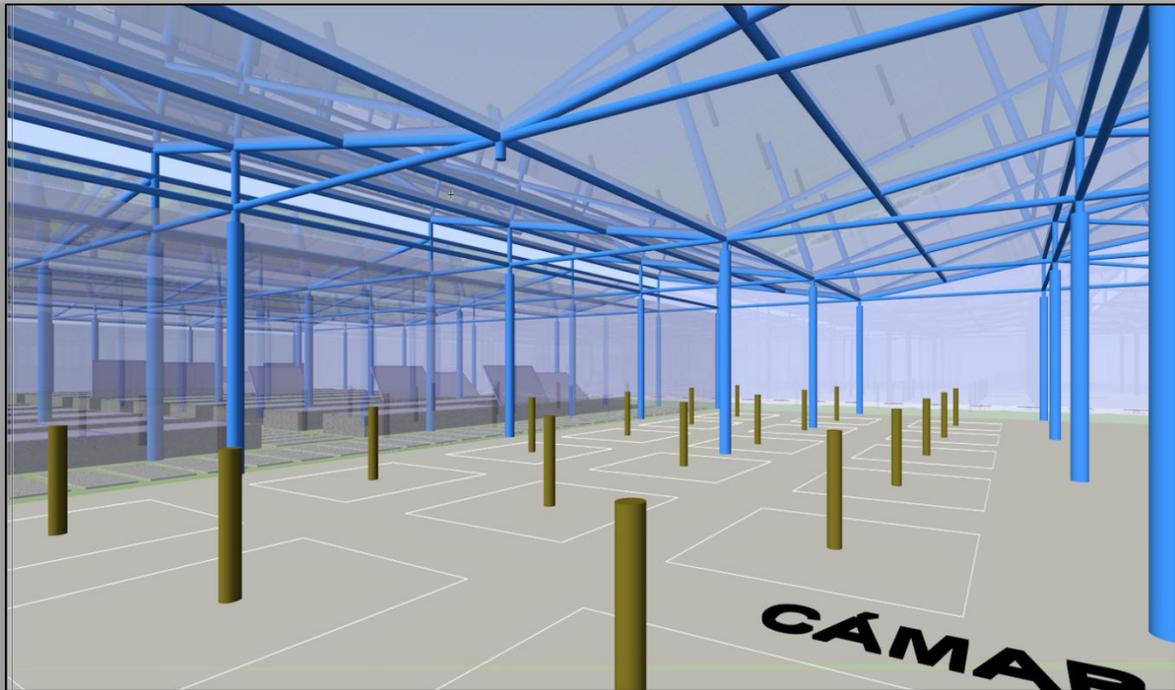


Figura 45. Vista 3D primer sub-área escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.4.2 Segunda sub-área

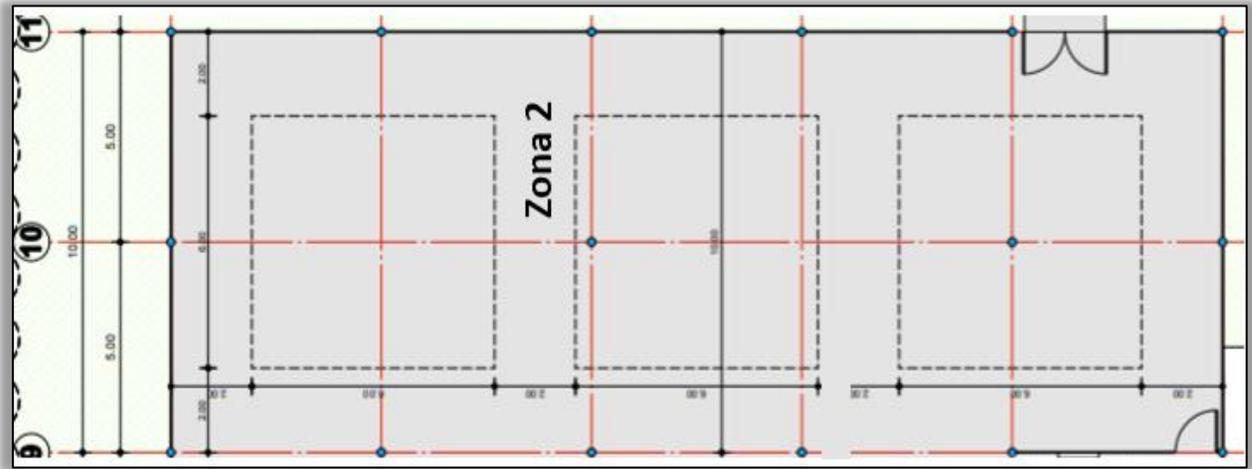


Figura 46. Plano segunda sub- área escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

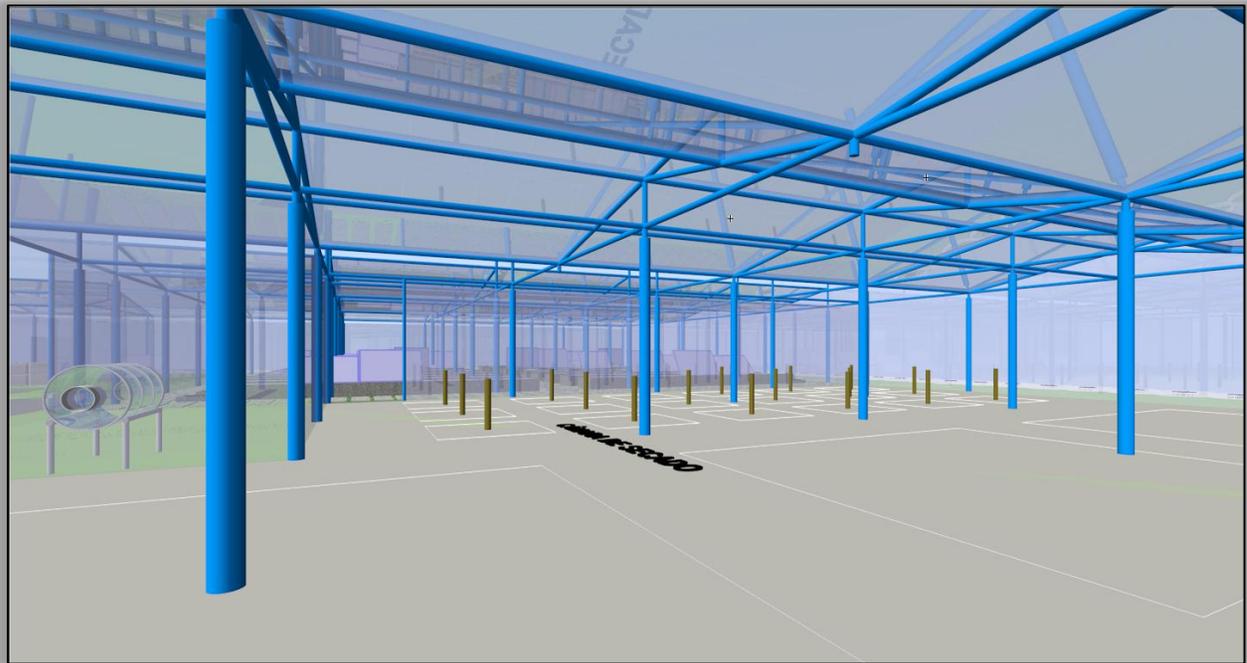


Figura 47. Vista 3D segunda sub- área
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.4.3 Tercer sub-área

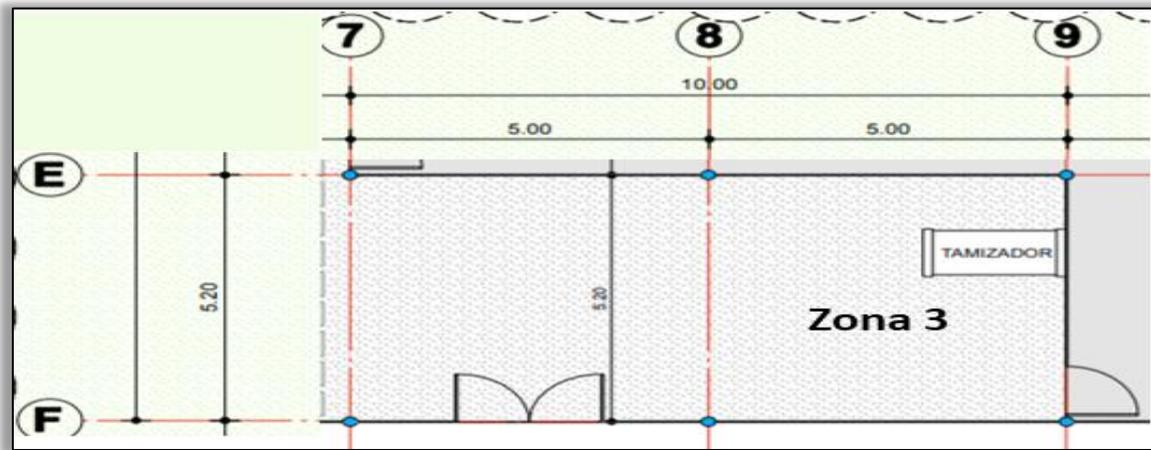


Figura 48. Plano tercer sub-área escala 1:100

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

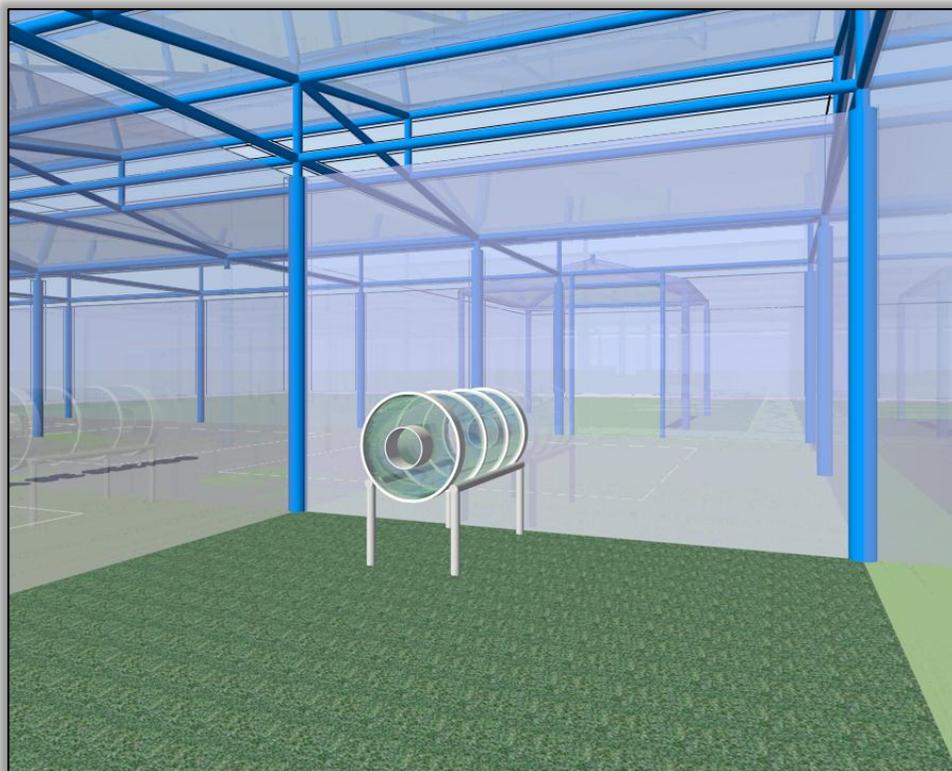


Figura 49. Vista 3D tercer sub-área

Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

4.3.5 Plano de área de almacenamiento



Figura 50. Plano de área de almacenamiento escala 1:100
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

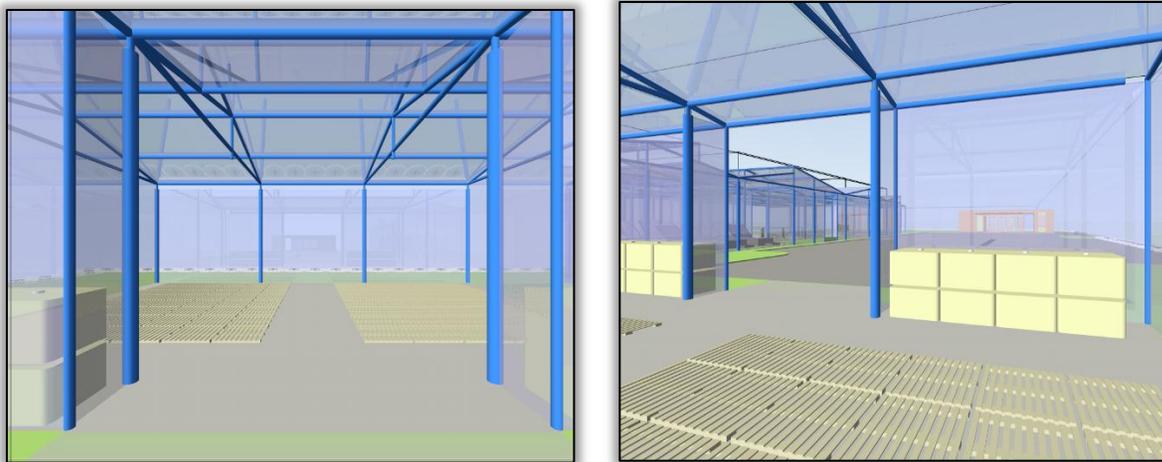


Figura 51. Vista 3D del área de almacenamiento
Fuente: Autoría propia por medio del programa Vectorworks de Apple

5. Comercialización del producto

De acuerdo con la empresa Lombricompost, el vermicompost es un producto con altas posibilidades de comercialización debido a su calidad, factor importante para obtener los mejores precios del mercado; los que pueden fluctuar desde 100 a 250 dólares la tonelada, dependiendo del mercado y de la relación oferta-demanda (Lombricompost E.U, 2014). Del mismo modo la empresa Lombricol indica que comercializar este abono con registro ICA, le da un valor agregado y garantiza que estos son netamente orgánicos. Además, el vermicompostaje al aplicarlo al suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas utilizando el sistema radicular, permitiendo un mejor desarrollo y crecimiento de los cultivos (Cajamarca, 2012).

A partir de lo descrito anteriormente, el comercializar el vermicompost en el municipio de Facatativá ayudaría a activar la economía del municipio, además que, si el abono puede contar con el registro ICA, los agricultores no tendrían que desplazarse a otros lugares para obtener un abono certificado. Además, el abono podría ser utilizado para recuperación de suelos del municipio.

6. Matriz de Costos

Se realizó una aproximación de los costos de construcción, operación e ingresos de la planta de aprovechamiento, con base en los precios de los depósitos de construcción del municipio de Facatativá como Ferrocidente Constructor S.A.S, Deposito Los Sauces, Ferrepolis, entre otros.

Tabla 42.
Costos de construcción

| Rubro | Valor |
|-------------------------|--------------|
| Separación en la fuente | \$6,142,500 |
| Centro de transferencia | \$1,481,600 |
| Zona de Recepción | \$1,884,650 |
| Vermicompostador | \$50,473,536 |
| Administración | \$17,485,200 |
| Total | \$77,467,486 |

Fuente: Autoría propia (ver anexo)

Tabla 43.
Costos operacionales

| Mano de obra | Cantidad | Valor unitario | Valor |
|--------------------------------|----------|----------------|---------------|
| Recolector | 1 | \$925,148 | \$925,148 |
| Costo recolección y transporte | 37 | \$106,438 | \$3,938,206 |
| Servicios públicos | 1 | \$2,650,000 | \$2,650,000 |
| Vigilante | 3 | \$941,925 | \$2,825,775 |
| Oficios varios | 1 | \$925,148 | \$925,148 |
| Operario | 4 | \$925,148 | \$3,700,592 |
| Técnico | 1 | \$1,032,140 | \$1,032,140 |
| Comercial | 1 | \$1,032,140 | \$1,032,140 |
| Total | | | \$17,029,149 |
| Costo anual | | | \$204,349,788 |

Fuente: Autoría propia (ver anexo)

Tabla 44.
Inversión inicial

| Rubro | Valor |
|----------------------------|---------------|
| Costo Construcción | \$77,467,486 |
| Costo Operación Trimestral | \$51,087,447 |
| Inversión inicial | \$128,554,933 |

Fuente: Autoría propia

Tabla 45.
Ingresos

| Kilogramo compost por cama | Cantidad bultos por cama | Precio comercial por bulto | Valor total de bultos por cama | Total camas | Total trimestre | Anual |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| 2400 | 80 | \$60,000 | \$4,800,000 | 16 | \$76,800,000 | \$307,200,000 |

Fuente: Autoría propia

Tabla 46.
Retribución de la inversión

| Rubro | Valor |
|--|---------------|
| Inversión inicial | \$128,554,933 |
| Utilidades netas trimestrales | \$25,712,553 |
| Retribución de la inversión periodo trimestral | 5 |

La tabla 45 muestra la retribución de la inversión inicial que se daría en 5 periodos trimestrales lo que significa un total de 15 meses, después de la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

Fuente: Autoría propia

Tabla 47.
Utilidad

| Rubro | Valor | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Costo Construcción | \$62,967,486 | \$62,967,486 | | | | | |
| Costo Operación | \$204,349,788 | \$204,349,788 | \$210,500,716.62 | \$216,836,788.19 | \$223,363,575.51 | \$230,086,819.14 | \$237,012,432.39 |
| Ingresos | \$307,200,000 | \$307,200,000 | \$316,446,720.00 | \$325,971,766.27 | \$335,783,516.44 | \$345,890,600.28 | \$356,301,907.35 |
| Inflación | 3.01% | 3.01% | 3.01% | 3.01% | 3.01% | 3.01% | 3.01% |
| Utilidad Neta | | \$39,882,726 | \$105,946,003 | \$109,134,978 | \$112,419,941 | \$115,803,781 | \$119,289,475 |

El porcentaje de inflación de Colombia se tomó para febrero de 2019

Fuente: Autoría propia con aporte de (Dinero, 2019)

9. Conclusiones

La plaza de mercado es el centro de interacción y relación entre la economía primaria con la población del municipio, donde se comercializa todo tipo de enseres para los hogares facativeños, siendo así uno de los principales focos de generación de residuos sólidos. El presente proyectó arrojó que la situación actual de la plaza de mercado de Facatativá presenta una problemática ambiental en cuanto al manejo de los RSO, esto se debe a que, las acciones realizadas por los comerciantes son las mismas desde hace más de 10 años llevando consigo un retraso frente a los desafíos actuales que presenta el país con respecto a los objetivos de desarrollo sostenible, en particular con el objetivo 11: *Ciudades y comunidades sostenibles*, en su meta de *reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro* (DNP, 2016b; PNUD, 2019).

Acorde con lo expuesto, la matriz de Leopold unida al método de Conesa simplificado indicó que la principal acción que es depositar los residuos en recipientes sin ningún tipo de separación y clasificación, de la misma manera, la cantidad de residuos generados son mayores a la capacidad de los contenedores dispuestos para tal fin, lo que genera que constantemente el entorno de la plaza se vea inmerso en un conjunto de impactos y efectos negativos entre los cuales se encuentra la generación de malos olores y gases, la proliferación de vectores afectando a la salud pública y dejando consigo un aspecto desagradable de la plaza de mercado. Cabe resaltar que la población analizada demuestra interés por cambiar sus hábitos en cuanto al aprovechamiento, la separación y disposición final de los RSO. Por otra parte, se evidenció que existe un abandono por parte de las autoridades gubernamentales y empresas privadas del municipio, esta se ve reflejada con la deteriorada infraestructura presente de la plaza de mercado, igualmente no se refleja ningún acompañamiento ni tipo de capacitación dejando una clara vulnerabilidad de la población.

De esta forma, el diagnóstico realizado en la plaza mercado junto con la caracterización de RS previamente llevada a cabo por Pastor Silva (2017); evidenció que es un escenario potencial para un posible aprovechamiento de los RSO, debido a la magnitud representada en cantidad, impactos negativos y disposición final que este tipo de residuos ocasiona. De esta manera se abrió la posibilidad de profundizar respecto a las diferentes alternativas de aprovechamiento para los RSO generados principalmente en plazas de mercado, con el fin de que el municipio pueda identificar una solución y contribuir a minimizar el volumen de estos que van a disposición final.

A partir de lo descrito anteriormente, existen diferentes alternativas que permiten el aprovechamiento de los RSO, por tal motivo fue importante llevar a cabo la metodología de Análisis Multicriterio (AMC) ya que esta permitió compararlas en diferentes criterios y a partir de la recolección de información secundaria, lo que permitió seleccionar la alternativa que más se adecua a las características específicas de la zona de estudio.

La metodología seleccionada mostró que, para el caso de la plaza de mercado de Facatativá la alternativa más viable y eficiente para el aprovechamiento de los RSO, fue el vermicompostaje,

por lo cual la propuesta se diseñó con base en los procesos llevados a cabo en está; comenzando con una propuesta de separación en la fuente, mostrando la trazabilidad que los RSO llevarían a cabo hasta la planta de aprovechamiento, de la cual se realizó el diseño y la adecuación de instalaciones que permitan un óptimo desarrollo del ideal propuesto; junto con un aproximado de materiales y costos.

Finalmente, el proyecto da como resultado una solución viable para la problemática identificada en la plaza de mercado de Facatativá, dando un análisis estructurado en pro de aportar a una gestión ambiental sostenible desde una visión holística de las dimensiones ecológicas, sociales y económicas articulando cada uno de sus actores involucrados con sus posibles beneficios a obtener. Asimismo, el proyecto contribuyó a afianzar el conocimiento adquirido durante el curso de la carrera de Ingeniería Ambiental.

10. Recomendaciones

Se recomienda que la administración de la plaza de mercado tome las medidas que se proponen en el presente proyecto, con el fin de minimizar el volumen de RSO que son llevados al RSNMM, de manera que el municipio aporte con una de las metas pactadas por el país en el acuerdo COP 21.

Es importante que los actores involucrados implementen el programa de manejo para la separación adecuada de los RS, de modo que los comerciantes y demás actores involucrados reciban capacitaciones que permitan informarlos sobre los beneficios no solo ambientales sino también económicos que este tipo de proyectos tienen.

Por consiguiente, se aconseja que las entidades gubernamentales establezcan convenios junto con las entidades privadas de responsabilidad social y ambiental enfocados en los comerciantes de la plaza de mercado, con el fin de fomentar una concientización ambiental hacia los residuos sólidos que se pueden reintroducir en otra cadena productiva, en pro de una economía circular.

Por otra parte, se recomienda continuar con la etapa de construcción e implementación de la propuesta de aprovechamiento, con el fin de que se le dé un manejo adecuado a los RSO que están siendo desaprovechados, debido a que esto traería un beneficio económico en cuantos al ahorro de la tarifa por disposición final, Mitigando así los impactos negativos generados por dichos residuos.

Es posible que en la etapa de implementación se tengan en cuenta los gremios sociales más vulnerables como madres cabeza de familia, personas con discapacidad física y/o personas de la tercera edad.

Se recomienda que la alcaldía de Facatativá, asuma un real compromiso, donde apoye de manera normativa, financiera y logística la puesta en marcha de la propuesta de diseño para el aprovechamiento de los RSO ya que, con la alternativa propuesta para tal fin, se podrían incluir a futuro los residuos sólidos urbanos. No obstante se aconsejaría ajustar el diseño propuesto para la planta de la planta de vermicompostaje utilizando la metodología de AMC implementada por la empresa Ficondi Cia Ltda (Machado, 2005), ya que ha demostrado ser acertada.

11. Bibliografía

- Agencia Analodu. (2017). El municipio colombiano que es ejemplo mundial en gestión de residuos. Retrieved April 11, 2019, from <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/el-municipio-colombiano-que-es-ejemplo-mundial-en-gestion-de-residuos-articulo-726108>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Alcaldía de Cali promueve buenas prácticas en plazas de mercado. Retrieved April 9, 2019, from <http://www.cali.gov.co/desarrolloeconomico/publicaciones/146443/alcaldia-de-cali-promueve-buenas-practicas-en-plazas-de-mercado/>
- Alcaldía Municipal de Facatativá. (2002). Plan de ordenamiento territorial municipio de Facatativá, 143. Retrieved from https://notinet.com.co/verdes_impuesto.php?taxesdep=4051
- Alcaldía Municipal de Facatativá. (2002). *Plan de ordenamiento territorial de Facatativá*. Facatativá.
- Alcaldía Municipal de Facatativá en Cundinamarca. (2018). Nuestro municipio. Retrieved April 1, 2019, from <http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Alonso, R., Gadea, E., & Solans, X. (2011). *NTP 597: Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos: riesgos higiénicos*. Madrid. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_597.pdf
- Ángel, A., Lozano, Y., & Serrano, M. (2016). Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México. *Revista de Investigación y Desarrollo Septiembre*, 2(5), 71–76. Retrieved from www.ecorfan.org/spain
- Antúnez, H., Rivera, D., & Rodríguez, F. (2013). *Estudio del impacto a las aguas subterráneas y superficiales, suelo y aire provocado por el vertedero municipal de Camaguey*. Cuba. Retrieved from http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_Antunez_Batista_GINF4-P6.pdf
- Aparicio, Y. (2011). *Estudio de prefactibilidad del cultivo de lombrices para la producción y comercialización de humus en Acacías Meta*. Universidad del Rosario. Universidad del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/2639?show=full>
- Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos obras o actividades*. Medellín.
- Arenas, C. (2017). *Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento*. (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín. Retrieved from [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3303/Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3303/Implementación%20de%20un%20sistema%20integral%20de%20compostaje%20para%20el%20tratamiento.pdf?sequence=1)
- Asociación para el desarrollo rural y pesquero de Lanzarote. (2016). *Iniciación al compostaje y vermicompostaje doméstico*. Retrieved from [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/aderlan/documentos/EJESTotal/EJE4/compost y vermicompost.pdf](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/aderlan/documentos/EJESTotal/EJE4/compost%20y%20vermicompost.pdf)
- Audor, L., & Ramos, E. (2015). *Estudio para la creación y puesta en marcha de una planta de compost a partir de los residuos orgánicos en el municipio de Suaza Huila*. (Tesis de pregrado). UNAD. Retrieved from <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/3413/1/1004158903>

- pdf
- Bermejo, R. (1987). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Retrieved from <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>
- Cabrera, J. (2011). *El producto que se obtiene es el biogás, este se podría utilizar para generación de electricidad y calefacción domiciliaria o industrial. Además el lodo se puede usar como fertilizante generando beneficios económicos, sin embargo estos se relacionan directamente con las características propias del digestor. (Tesis de pregrado)*. Guayaquil. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>
- Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos*. Ecuador. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>
- Calderón Gomez, L., Calderón Ospina, O. H., Ospina, C., De, U., & Salle, L. A. (2016). *Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Facatativá, departamento de Cundinamarca*. Universidad de la Salle. Retrieved from http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20542/40101031_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cantoni, N. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7(2). Retrieved from https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Carrascal, J. . (2009). *Guía para el manejo integral de los residuos hospitalarios y similares*. Cartagena. Retrieved from http://www.usbcartagena.edu.co/phocadownload/facultades/salud/GUIA_MANEJO_INTEGRAL_DE_LOS_RESIDUOS.pdf
- Carrillo, J. (2018). Que esta haciendo Colombia para aprovechar mejor los residuos. Retrieved April 11, 2019, from <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/la-vida-se-construye/articulo/que-esta-haciendo-colombia-para-aprovechar-mejor-los-residuos/577175>
- Cataño, D. (2010). *Hoja de datos de seguridad de materiales (Lombriz Roja Californiana)*. Retrieved from www.lombricol.com
- CEPAL. (2018). Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 184. Retrieved from www.cepal.org/es/suscripciones
- Clavijo, J. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa para la obtención de abono orgánico mediante la transformación de residuos orgánicos a base de la lombricultura. (Tesis de pregrado)*. Fundación universidad de América. Retrieved from <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6513/1/3081019-2017-2-II.pdf>
- Congreso de la República. (1974). *Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1994 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- Congreso de la República. (1979). Ley 9 De 1979 por el cual se dictan Medidas Sanitarias. Retrieved from http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo_Sanitario_Nacional.pdf

- Congreso de la República. (1991). *Constitución política de Colombia*. El Congreso de la República. Retrieved from <http://www.secretariasenado.gov.co/index.php/constitucion-politica>
- Congreso de la República. (1993). *Ley 99 del 22 de diciembre del 1993 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambienta*. Retrieved from http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Congreso de la República. (1994). *Ley 142 de julio de 1994 Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Retrieved from <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-142-1994>
- Congreso de la República. (2001). *Ley 689 del 32 de agosto de 2001 por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994*. Retrieved from http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0689_2001.html
- Congreso de la República. (2008). *Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008 Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones*. Retrieved from http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1259_2008.html
- Consecuencias de la generación de residuos. (n.d.). Retrieved from <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.30d4b35a97db5c61716f2b105510e1ca/?vgnextoid=afc5f103aaf98410VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=5208c0726f767410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=portalwebSinMenu>
- Consorcio PGIRS Cundinamarca. (2016). *Plan de gestión integral de residuos sólidos municipio de Pacho*. Pacho. Retrieved from http://pachocundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/pachocundinamarca/content/files/000044/2158_plandegestinintegralderesiduossolidospgirspacho.pdf
- Coronado Jimenez, M. C. (2010). Plaza de mercado: una tradición continua. *Revista Digital de Arquitectura*. Retrieved from <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2010/12/plazas-de-mercado-una-tradicion.html>
- Corrales, L. C., Antolinez, M., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *NOVA*, 13(23). Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>
- Cox, P., Van Trotsenburg, A., Stein, J. H., & Morton, J. (2015). *Proyecto de compostaje en Santiago de Chile*. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/693001468230075812/pdf/936310NCO0P09600PUBLIC0Chile0NCO3.pdf>
- Cuadros, S. (2007). Compostaje y biometanización. Escuela de negocios(EOI). Retrieved from <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20163/compostaje-y-biometanizacion>
- Defensoría del pueblo. (2010). *Situación actual de la gestión integral de residuos sólidos: plantas de aprovechamiento y disposición final en el departamento de Cundinamarca*. Bogotá. Retrieved from <file:///C:/Users/usuario/Downloads/defensorial62.pdf>

- Departamento Nacional de Planeación. (2016a). Pérdida y desperdicio. *Ria*, 39, 116. Retrieved from www.dnp.gov.co
- Departamento Nacional de Planeación. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos, Consejo nacional de política económica y social § (2016). Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente [DAMA], Programa de Fortalecimiento, & Institucional para la Gestión Ambiental Urbana de Santafé de Bogotá [PNUD]. (2000). *Gestión de los residuos orgánicos en las plazas de mercado de Bogotá*. Bogotá D.C. Retrieved from http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=742e7acf-68dd-4ba7-b5fb-ba6a148873c5&groupId=10157
- Dinero. (2019). Inflación de Colombia durante febrero 2019. Retrieved April 15, 2019, from <https://www.dinero.com/pais/articulo/inflacion-de-colombia-durante-febrero-2019/267837>
- DNP. Ilustración jerarquía de residuos, Consejo nacional de política económica y social § (2016). Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>
- DNP. (2017). Ficha técnica del municipio de Facatativá. Retrieved April 1, 2019, from <http://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/informacion-general-municipio?cd=90cf78e97390b77466147dc4c893fc09>
- Ecoforest. (2019). Lombricultura. Retrieved April 12, 2019, from http://mogefecolife.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=19:organic-vegetables
- El campesino.co. (2015, August 21). La Plaza de mercado. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.elcampesino.co/la-plaza-de-mercado-2/>
- El consejo de la república. (2013). *Ley 1672 del 19 de julio del 2013 por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley_1672_2013.pdf
- Elieser, M., & Guerra, E. (2014). *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste Health damage due to poor disposal of solid and liquid wastes in Dili, Timor Leste. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología (Vol. 52)*. Retrieved from <http://scielo.sld.cuhttp://scielo.sld.cu>
- FAO. (2011). *Manual de biogás*. Chile. Retrieved from <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Fenández, A. (2006). Contaminación por lixiviados. Retrieved April 11, 2019, from http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php
- Filippi, F. (2016). *Cambio Climático y Desarrollo Implicaciones del Cambio Climático en la Cooperación para el Desarrollo*. Fundación MUSOL. Retrieved from <http://www.musol.org/images/stories/archivos/2016/CAMBIOCLIMATICODefinitivo.pdf>
- Gómez Estupiñan, M. A. (2016). *Propuesta en el manejo sostenible de residuos sólidos orgánicos en plaza de mercado. Caso: Plaza La Concordia*. Santo Tomás Bucaramanga. Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9221/GomezEstupiñanManuelAlexander2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). Una comparación de técnicas por medio del análisis multicriterio para la administración del recurso hídrico. *European Journal of Operational Research*, 184, 265. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.045>

- Hernández Ocampo, R. V., Torres Gutiérrez, R., & Ramírez Armijos, Y. B. (2017). Implementación del método de compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la ciudad de Loja, Ecuador. *Centro de Biotecnología*, 4(1). Retrieved from <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/biotecnologia/article/view/95>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill. Retrieved from https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis_sampieri_unidad_1-1.pdf
- ICONTEC. (2006). *GTC53-7.pdf* - Google Drive. Retrieved from <https://docs.google.com/file/d/0B7IuWY0-NcvzN2ZkLUtaOHVMWm8/edit>
- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica colombiana NTC 1927. Fertilizantes y acondicionadores de suelos : definiciones, clasificación y fuentes de materias primas* (ICONTEC). ICONTEC. Retrieved from [http://biblioteca.areandina.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=36741&query_desc=au%3A%22Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación \(ICONTEC\) %22 and holdingbranch%3ABAAP](http://biblioteca.areandina.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=36741&query_desc=au%3A%22Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) %22 and holdingbranch%3ABAAP)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2009). *GTC 24 Gestión ambiental, residuos sólidos, guía para la separación en la fuente*. Retrieved from http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC_24_DE_2009.pdf
- Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales - IDEAM, & Unidad de planeación minero energética- UPME. (2015). IDEAM, Atlas de Radiación Solar – Interactivo. Retrieved April 1, 2019, from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *Plano de localización*.
- Jiménez, T., & Esquivel, D. (2008). *Taller de reciclaje orgánico*. Retrieved from http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/edublogs/iesloscardones/files/2016/01/Guia_taller_lombricultura.pdf
- Kiss, G., & Encarnación, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, (79). Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/539/53907903/>
- Lobatón Ríos, M. L., & Marín Alzate, Y. F. (2011). *Diagnóstico base para el análisis ambiental territorial en el municipio de Facatativá (Cundinamarca)*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Lombricompost E.U. (2014). *Mnaual de Lombricultura*. Bgotá D.C.
- Lombricultura de Tenjo. (n.d.). Equipos para el Lombricultor. Retrieved April 12, 2019, from <https://www.lombriculturadetenjo.com/es/equipos-para-el-lombricultor/>
- Machado, G. F. (2005). *Estudio de impacto ambiental para la construcción y funcionamiento de la planta de agua potable del sistema Culebrillas*. Cuenca. Retrieved from https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua_Potable/ingProyectos/Capítulo_4_Comp_Amb_Alternativas.pdf
- Maciejczyk, M. (2017). *Seguridad en plantas de biogás peligrosos y medidas de seguridad*. Retrieved from https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2017/11/2_Hazards-and-Safety-Measures_Maciejczyk_ES.pdf
- Martínez, D. (2014). Lombricultura, una alternativa que solo llega a 30% de los productores.

- Retrieved April 11, 2019, from <https://www.larepublica.co/economia/lombricultura-una-alternativa-que-solo-llega-a-30-de-los-productores-2137536>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). *Decreto 1505 del 4 de junio de 2003 Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión Integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones*. Retrieved from http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/decreto-1505-de-2003.pdf
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Decreto 838 del 23 de marzo de 2005 por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *Resolución 1291 del 30 de junio de 2006 por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones*. Retrieved from <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21526>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Decreto 2436 del 3 de julio de 2008 por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 101 de la Ley 1151 de 2007*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2008/dec_2436_2008.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Decreto 3570 del 27 de septiembre de 2011 por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/Ministerio/Misión_y_Vision/dec_3570_270911.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Resolución 754 del 11 de noviembre de 2014 por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Retrieved from <http://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/resolucion-754-de-2014>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 del 5 de mayo del 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Retrieved from <https://www.habitatbogota.gov.co/decreto-1076-2015>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Decreto 596 del 11 de abril de 2016 por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores*. Retrieved from [http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 596 DEL 11 DE ABRIL DE 2016.pdf](http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20596%20DEL%2011%20DE%20ABRIL%20DE%202016.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.

- (2013). *Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013 por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.* Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035>
- Ministerio de Desarrollo económico. (2002). Decreto 1713 del 7 de agosto por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión In. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>
- Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial. (2002). *Decreto 1713 del 1 de agosto del 2002 por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la G.* Retrieved from <http://www.oab.ambientebogota.gov.co/es/el-observatorio-y-las-localidades/documentos-tunjuelito/decreto-1713-de-2002>
- Ministerio de Desarrollo Económico y Desarrollo Territorial. (2003). *Decreto 1140 del 7 de mayo de 2003 por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones.* Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1140_070503.pdf
- Ministerio de salud y protección social [Minsalud], & Organización panamericana de la salud [OPS]. (2012). Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas, 160. Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2016). *Decreto 276 del 29 de abril de 2016 por el cual se reglamentan los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio acorde con .* Retrieved from <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col157820.pdf>
- Mora, C. A., & Berbero, M. L. (2010). Manual de gestión integral de residuos gestión de salud ocupacional y ambiental, 105. Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/manual-gestion-integral-residuos.pdf>
- Navarra, P. (n.d.). *Manual de vermicompostaje.* Pamplona. Retrieved from <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>
- Nuestraesfera. (2014). ¿Cómo se clasifican los residuos? - Nuestra Esfera. Retrieved April 1, 2019, from <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>
- ONU Medio Ambiente. (2015). *Global Waste Management Outlook.* Retrieved from <https://www.unenvironment.org/resources/report/global-waste-management-outlook>
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe: Resumen para tomadores de decisiones.* Retrieved from

- <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26448?show=full>
- Oviedo, R., Marmolejo, L., & Torres, P. (2012). Perspectivas de aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales. un enfoque desde lo global a lo local. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(20). Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a06.pdf>
- Parra, B. (2014). *Producción de metano a partir de la digestión anaerobia de bio-residuos de origen municipal*. Retrieved from <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7645/1/7720-0446398.pdf>
- Pastor Silva, E. (2017). *Informe generación de residuos sólidos plaza de mercado*. Facatativá.
- Pinto Gomez, Lina Paola; Suarez Cuchimaque, M. J. (2016). *Propuesta para el manejo de residuos orgánicos producidos en la plaza de mercado de Chía (Cundinamarca)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3362/1/PintoGómezLinaPaola2016.pdf>
- Plazas, E., Gonzáles, M., García, C., & Collazos, C. (2002). *Digestión anaerobia*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/43178/2/9587011961_Parte1.pdf
- Portal de energías renovables. (2014). La obtención de combustible a partir de materia orgánica de deshecho: La biomasa y el biogás. Retrieved April 11, 2019, from <http://www.sitiosolar.com/la-obtencion-de-combustible-a-partir-de-materia-organica-de-deshecho-la-biomasa-y-el-biogas/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles | PNUD. Retrieved April 10, 2019, from <https://www.sdgfund.org/es/objetivo-11-ciudades-y-comunidades-sostenibles>
- Ramírez, V. M., Peñuela, L. M., & Pérez, M. D. R. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Ciencias Agrícolas*, 34(2), 107–124. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.76>
- Rodriguez, M., & Córdova, A. (2006). *Manual de compostaje municipal*. Mexico. Retrieved from <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual de Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>
- Rodríguez Vásquez, A., Monestel Miranda, J., & Viquez Zúñiga, G. (2018). *Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento y reducción de los residuos orgánicos generados por tres empresas del GAM*. Alajuela, Costa Rica. Retrieved from <http://repositorio.utn.ac.cr/handle/123456789/167>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Chile: FAO. Retrieved from www.fao.org/publications
- Sancllemente, Ó. E., Ararat, M. C., & Balanta, E. (2018). Evaluación preliminar de residuos sólidos en la Plaza de Mercado del municipio de Puerto Tejada (Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 14. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6535130>
- Schrader king, kristyn, & Liu, A. (2018). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A., & Mayo, J. P. (2007). Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie (Vermiculture.Development and

- adaptation to diverse climatic conditions). *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(8). Retrieved from <http://www.veterinaria.org/revistas/redvetVol.VIII,Nº8,Agosto/2007-http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807.html>
- Secretaría distrital de habitat, & Universidad nacional de colombia. (n.d.). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá D.C. Retrieved from http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Severiche, C. A., & Acevedo, R. L. (2013). Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación. *Ingenium*, 14(28), 6–15. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038455>
- Sletto, B., Dávila, T., Brigmon, N., Clifton, M., Rizzo, R., & Sertzen, P. (2015). Lombricultura comunitaria y economías alternativas con enfoque de género en asentamientos informales.(Tesis de pregrado). *Revistas Letras Verdes*, 107. Retrieved from <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/6810>
- Steven, B., & Mosquera, S. (2017). *Aplicación de una metodología multicriterio para la selección de proveedores de materias primas. Caso de estudio sector cosmético (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional, Bogotá. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/64791/1/1032451246.2018.pdf>
- Superintendencia de servicios públicos domiciliarios-SSPD. (2016). Disposición final de residuos sólidos. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tapia Gómez, A. K., Laines Canepa, J. R., & Sosa Olivier, J. A. (2016). Digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBiol. *Kuxulkab'*, 22(42). Retrieved from <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/1434/1256>
- Terán, A. (2017). *Producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. (Tesis de pregrado)*. Escuela de ingeniería agronomica. Retrieved from <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3310/1/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000081.pdf>
- TvAgro. (2018). La Lombricultura o Vermicultura: Una Idea Rentable - TvAgro por Juan Gonzalo Angel - YouTube. Retrieved March 26, 2019, from <https://www.youtube.com/watch?v=fQn92aN0k8I&feature=youtu.be>
- Universidad Católica de Córdoba. (2016). *Prevención y sanidad integral para empresas*. Retrieved from <http://www.uic.org.ar/portal/wp-content/uploads/2016/08/CharlaMIP2016.pdf>
- Vanegas, E. (2012). Gestión de residuos como tema clave en el concepto de Economía Verde. *CEGESTI*, (190), 4. Retrieved from http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_190_280312_es.pdf
- Villegas, V., & Laines, R. (2010). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2631/263150548012/>
- Weather Spark. (n.d.). Clima promedio en Facatativá, Colombia. Retrieved April 1, 2019, from <https://es.weatherspark.com/y/23370/Clima-promedio-en-Facatativá-Colombia-durante-todo-el-año>