

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE  
HORTÍTCULTURA ORNAMENTAL A PARTIR DE LA LOGÍSTICA INVERSA PARA LA  
EMPRESA FUMIGIR LTDA EN LA CIUDAD DE GIRARDOT, CUNDINAMARCA

LUISA MARÍA GARCÍA CHAVÉZ

CODÍGO: 430075376

JOSÉ MIGUEL NIÑO ORDUZ

CODÍGO: 430078179



UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA – SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES PROGRAMA DE  
ADMINISTRACIÓN LOGÍSTICA GIRARDOT-CUNDINAMARCA

2026

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE  
HORTÍTCULTURA ORNAMENTAL A PARTIR DE LA LOGÍSTICA INVERSA PARA LA  
EMPRESA FUMIGIR LTDA. EN LA CIUDAD DE GIRARDOT, CUNDINAMARCA

LUISA MARÍA GARCÍA CHAVÉZ

JOSÉ MIGUEL NIÑO ORDUZ

Trabajo de grado para optar al título de Administrador Logístico

ING. LUIS FELIPE LOZADA VALENCIA

ING. CLAUDIA PATRICIA VARÓN DOMINGUEZ



UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA – SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES PROGRAMA DE  
ADMINISTRACIÓN LOGÍSTICA GIRARDOT-CUNDINAMARCA

2026

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Girardot, fecha de sustentación (día, mes, año)

### **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso, por guiar cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional.

A mis abuelos, que siempre viven dentro de mi corazón.

Luisa María García Chavez.

### **Dedicatoria**

A Dios, a mis papás y a mi abuelo,  
y a la estrella que más alumbra en el cielo, la cuál  
nunca me dejó solo, desde el día que me vio nacer,  
hasta el día que partió.

José Miguel Niño Orduz.

### **Agradecimientos:**

En primera instancia quiero agradecer a Dios todo poderoso, por brindarme fortaleza y sabiduría requerida para culminar este importante logro. A mis padres, Sandra Liliana y José Martin, fundadores de la empresa. Por ser el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y compromiso. A mis abuelos, Alejandro y Rosa, quienes, aunque ya no me acompañan físicamente, son el motor de mis sueños y fuente de inspiración constante.

A mi tutor, Luis Felipe Lozada Valencia, y Claudia Patricia Varón Domínguez quiero expresar mi agradecimiento por su acompañamiento a lo largo de este proceso, brindarme sus conocimientos para cada etapa del desarrollo de este trabajo.

Luisa María García Chavez

A Dios por la sabiduría y fuerza para culminar este proyecto. A mis padres, por su dedicación y por ser mi motor para salir adelante; este logro es suyo. A mis abuelos, por su apoyo y valores; a mi abuelo José Campos por su ejemplo y a mi abuela Gladys, cuya luz me guía desde el cielo. A Bowie, mi fiel compañero perruno. A mis colegas Nyny, Paula, Paola, Sandra y Carolina, mi refugio y familia académica. Y a mi tutora Claudia Patricia Varón por su guía experta y por enseñarme a amar la logística.

José Miguel Niño Orduz

## Tabla de Contenido

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Resumen.....                                        | 1  |
| Abstract .....                                      | 2  |
| 1. Introducción .....                               | 3  |
| 2. Antecedentes .....                               | 5  |
| 3. Planteamiento del Problema .....                 | 7  |
| 3.1. Descripción del Problema .....                 | 7  |
| 3.2. Formulación del Problema .....                 | 13 |
| 3.3. Pregunta de Investigación .....                | 13 |
| 4. Objetivos .....                                  | 13 |
| 4.1. General .....                                  | 13 |
| 4.2. Específicos .....                              | 14 |
| 5. Justificación .....                              | 14 |
| 6. Marco de Referencia .....                        | 18 |
| 6.1. Marco Teórico .....                            | 18 |
| 6.1.1. Enfoque Sistémico de la Administración ..... | 19 |
| 6.1.2. Teoría de la Administración .....            | 20 |
| 6.1.3. Desarrollo Sostenible .....                  | 21 |
| 6.1.4. Logística Inversa .....                      | 23 |

|        |                                                                         |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1.5. | Teoría de Economía Circular .....                                       | 24 |
| 6.1.6. | Teoría XY Plus .....                                                    | 25 |
| 6.2.   | Marco Conceptual .....                                                  | 29 |
| 6.2.1. | Sistema de Manejo de Residuos .....                                     | 29 |
| 6.2.2. | Sistema de Aprovechamiento de Residuos .....                            | 29 |
| 6.2.3. | Horticultura .....                                                      | 30 |
| 6.2.4. | Horticultura Ornamental .....                                           | 30 |
| 6.2.5. | Compost .....                                                           | 30 |
| 6.2.6. | Residuos Orgánicos.....                                                 | 30 |
| 6.2.7. | Residuos Vegetales.....                                                 | 31 |
| 6.2.8. | Residuos Lignocelulósicos.....                                          | 31 |
| 6.2.9. | Disposición Final .....                                                 | 31 |
| 6.3.   | Marco Contextual.....                                                   | 32 |
| 6.4.   | Marco Histórico .....                                                   | 37 |
| 6.5.   | Marco legal .....                                                       | 40 |
| 7.     | Aspectos Metodológicos .....                                            | 41 |
| 7.1.   | Aspectos Metodológicos .....                                            | 42 |
| 7.2.   | Proceso Metodológico .....                                              | 43 |
| 8.     | Desarrollo de la Investigación .....                                    | 44 |
| 8.1.   | Caracterización del Sistema Actual de Aprovechamiento de Residuos ..... | 44 |

|        |                                                                                                                        |    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.2.   | Análisis de Tendencias, Modelos y Buenas Practicas.....                                                                | 54 |
| 8.3.   | Diseño de Sistema de Manejo y Aprovechamiento de Residuos de Horticultura Ornamental                                   | 68 |
| 8.3.1. | Diseño de Flujo de Logística Inversa y Aprovechamiento de Residuos.....                                                | 73 |
| 8.3.2. | Centro de acopio .....                                                                                                 | 78 |
| 8.3.3. | Aplicación de la Escala Likert para Valoración y Seguimiento del Sistema de Manejo y Aprovechamiento de Residuos ..... | 88 |
| 7.     | Conclusiones y Recomendaciones .....                                                                                   | 92 |
|        | Bibliografía .....                                                                                                     | 95 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Principales países generadores de residuos sólidos urbanos.....                                                                       | 8  |
| <b>Tabla 2:</b> Disposición final de residuos vegetales a nivel departamental<br>.....                                                                | 10 |
| <b>Tabla 3:</b> Corte de césped y poda de árboles según PGIRS .....                                                                                   | 16 |
| <b>Tabla 4:</b> Panorama de problemas de sostenibilidad ambiental relacionados a la ejecución<br>de actividades de horticultura ornamental.....       | 35 |
| <b>Tabla 5:</b> Marco Legal del Proyecto .....                                                                                                        | 40 |
| <b>Tabla 6:</b> Metodología y Tipo de Investigación .....                                                                                             | 42 |
| <b>Tabla 7:</b> Recolección de Información en Fuentes Bibliográficas .....                                                                            | 43 |
| <b>Tabla 8:</b> Ecuación de Búsqueda en Scopus.....                                                                                                   | 55 |
| <b>Tabla 9:</b> Identificación de principales factores al momento de generar la vigilancia<br>tecnológica y el resultado.....                         | 67 |
| <b>Tabla 10:</b> Caracterización del sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de<br>horticultura ornamental en Fumigir Ltda .....              | 69 |
| <b>Tabla 11:</b> Tipología de residuos de horticultura ornamental.....                                                                                | 71 |
| <b>Tabla 12:</b> Roles y responsabilidades en el sistema de manejo y aprovechamiento de<br>residuos .....                                             | 87 |
| <b>Tabla 13:</b> Criterios técnicos y operativos para la valoración de alternativas de<br>aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental..... | 89 |
| <b>Tabla 14:</b> Criterios ambientales para la valoración de alternativas de aprovechamiento de<br>residuos de horticultura ornamental .....          | 90 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Oferta de residuos sólidos y productos residuales .....                                        | 9  |
| <b>Figura 2:</b> Árbol del problema basado en la gestión inadecuada de residuos orgánicos en Fumigir Ltda ..... | 12 |
| <b>Figura 3:</b> Componentes del sistema.....                                                                   | 20 |
| <b>Figura 4:</b> Árbol del problema basado en la gestión inadecuada de residuos orgánicos en Fumigir Ltda ..... | 21 |
| <b>Figura 5:</b> Sistema de manejo y aprovechamiento de residuos a través del desarrollo sostenible.....        | 22 |
| <b>Figura 6:</b> Ciclo de la logística inversa .....                                                            | 23 |
| <b>Figura 7:</b> Transición a la economía circular .....                                                        | 24 |
| <b>Figura 8:</b> Gestión de la cadena de suministro .....                                                       | 25 |
| <b>Figura 9:</b> Estrategias del componente de la logística verde.....                                          | 26 |
| <b>Figura 10:</b> Ciclo de la economía circular y su aplicación.....                                            | 27 |
| <b>Figura 11:</b> Práctica de la horticultura ornamental y residuos orgánicos generados.....                    | 33 |
| <b>Figura 12:</b> Residuos vegetales generados por la práctica de horticultura ornamental.....                  | 34 |
| <b>Figura 13:</b> Oficinas principales de Fumigir Ltda.....                                                     | 37 |
| <b>Figura 14:</b> Ejecución de poda de árbol .....                                                              | 39 |
| <b>Figura 15:</b> Flujograma de poda de árbol.....                                                              | 49 |
| <b>Figura 16:</b> Documentos por tipo de publicación .....                                                      | 56 |
| <b>Figura 17:</b> Dinámica de publicaciones .....                                                               | 58 |
| <b>Figura 18:</b> Principales del autor (es).....                                                               | 60 |
| <b>Figura 19:</b> Principales áreas temáticas.....                                                              | 62 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 20:</b> Principales autores según número de documentos publicados .....                      | 64 |
| <b>Figura 21:</b> Mapeo de red de coocurrencia en la herramienta VOSviewer.....                        | 65 |
| <b>Figura 22:</b> Mapeo de red de superposición temporal en la herramienta VOSviewer.....              | 66 |
| <b>Figura 23:</b> Etapas del flujo logístico propuesto .....                                           | 72 |
| <b>Figura 24:</b> Acopio temporal de residuos lignocelulósicos por la horticultura ornamental<br>..... | 74 |
| <b>Figura 25:</b> Tractor 3036E John Deere .....                                                       | 75 |
| <b>Figura 26:</b> Flujograma del proceso de chipeado de residuos de poda .....                         | 77 |
| <b>Figura 27:</b> Flujo del proceso de compostaje propuesto .....                                      | 81 |

## Resumen

El presente trabajo propone el diseño de un sistema de logística inversa para el manejo y aprovechamiento de los residuos vegetales generados por la empresa Fumigir Ltda., en Girardot, Cundinamarca. La investigación, de tipo descriptivo y enfoque mixto, evaluó el manejo lineal actual de la biomasa, mediante observación directa, revisión documental y entrevistas semiestructuradas. El diagnóstico evidenció fortalezas operativas en la programación de servicios, pero contaba brechas críticas en el control volumétrico y en la articulación con el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipal. Como resultado central, se estructuró un modelo operativo que clasifica el material en biomasa gruesa y fina, definiendo un flujo logístico inverso hacia un centro de acopio y pretratamiento. La propuesta entrega el diseño de dos líneas de valorización técnica (chipeado de material leñoso y compostaje aerobio), junto con la estructura organizacional, los formatos de trazabilidad necesarios para evaluar la reducción de residuos dispuestos incorrectamente a su final. Se concluye que la implementación de este sistema es una alternativa técnica y ambientalmente viable que genera un impacto y concientización de la organización, fomentando la economía circular en el territorio.

**Palabras clave:** logística inversa, gestión de residuos, horticultura ornamental, residuos lignocelulósicos, economía circular, aprovechamiento.

## **Abstract**

This study proposes the design of a reverse logistics system for the management and utilization of plant waste generated by the company Fumigir Ltda., in Girardot, Cundinamarca. The research, featuring a descriptive design and a mixed-methods approach, evaluated the current linear management of biomass through direct observation, documentary review, and semi-structured interviews. The diagnosis revealed operational strengths in service scheduling, but critical gaps in volumetric control and alignment with the municipal Comprehensive Solid Waste Management Plan. As a central result, an operational model was structured to classify the material into coarse and fine biomass, defining a reverse logistics flow towards a collection and pretreatment center. The proposal delivers the design of two technical valorization lines (chipping of wood material and aerobic composting), along with the organizational structure and the traceability formats necessary to evaluate the reduction of waste incorrectly disposed of at its final stage. It is concluded that the implementation of this system is a technically and environmentally viable alternative that generates a positive impact and awareness within the organization, fostering a circular economy in the region.

**Keywords:** Reverse logistics, waste management, ornamental horticulture, lignocellulosic waste, circular economy, waste valorization.

## 1. Introducción

El presente trabajo tiene como propósito formular una propuesta de un sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental a partir de la logística inversa para la empresa Fumigir Ltda., en la ciudad de Girardot, Cundinamarca. Esta propuesta surgió como una alternativa sostenible frente a dos situaciones relevantes que se identificaron dentro de las dinámicas de mantenimiento urbano: por un lado, la constante generación de residuos vegetales derivados de la jardinería, poda y corte de césped que son manejados como desechos convencionales y trasladados a disposición final en el relleno sanitario privado “*Praderas del Magdalena*”; por consiguiente, se observó la necesidad apremiante de responder a la presión que enfrentan estos sitios de disposición, integrando los materiales a nuevos ciclos productivos.

La iniciativa del proyecto surgió debido a la necesidad de transformar esta problemática que se presenta con los residuos de horticultura ornamental, dándoles un valor agregado y enmarcando así los principios de la logística inversa, la economía circular y el desarrollo sostenible. Los motivos de la realización del proyecto radican en el impacto de replantear la forma en que históricamente se ha concebido esta gestión, donde se priorizaba la limpieza sobre el aprovechamiento, así como también, en generar una oportunidad de recuperar esta biomasa para convertirla en compost, cobertura vegetal o material estructural para suelos, articulando la operación de la empresa con los lineamientos ambientales del municipio y las actuales exigencias de la responsabilidad socioambiental.

El documento presenta un diseño estructurado del sistema, en el que se contempla una caracterización inicial de los procesos y prácticas actuales mediante observación directa, entrevistas semiestructuradas y revisión documental; posteriormente, se analizan las tendencias y experiencias de referencia sobre la valorización de residuos vegetales. A partir de estos insumos,

se diseña el flujo de logística inversa, la clasificación de la biomasa en fracciones, la definición de un centro de acopio con líneas de chipeado y compostaje, además de la estructura organizacional y los formatos de registros necesarios; de esta manera, se permite establecer la viabilidad técnica y operativa de la propuesta para el contexto, incluyendo al coordinador de alturas y al director de operaciones, se evidencio una ausencia de documentación formal sobre el manejo de residuos, falta de indicadores de control de volúmenes generados y baja incorporación de criterios de logística verde y economía circular en la toma de decisiones operativas.

Si bien, el personal reconoce la importancia de la gestión ambiental y la posibilidad de crear nuevas redes de valor a partir del aprovechamiento de residuos, el proceso actual carece de procedimientos estandarizados, registros y visión que articule la generación, recolección, transporte interno, acopio y valorización de residuos de horticultura ornamental. De este modo, el manejo de residuos se limita al traslado hacia un acopio temporal y a su posterior retiro mediante volquetas programadas por proveedor (outsourcing), practica que no permite cuantificar el volumen de material aprovechable ni identificar las oportunidades de mejora.

## **2. Antecedentes**

En los últimos años, el manejo de residuos vegetales provenientes de actividades de horticultura ornamental ha sido relevante en el ámbito de la gestión ambiental y de la logística verde, debido al incremento en la generación de estos materiales y a la presión normativa por reducir su disposición en rellenos sanitarios. Diversos estudios han demostrado que los residuos generados por las actividades de mantenimiento ornamental representan una fracción significativa de los residuos sólidos generados en contextos urbanos y periurbanos, impulsando la búsqueda de alternativas de aprovechamiento basadas en principios de economía circular y desarrollo sostenible (Ferronato, 2019).

En el contexto internacional, se han desarrollado modelos de valorización de residuos lignocelulósicos y residuos orgánicos, orientados a la producción de compost, biomasa y otros insumos para la recuperación de suelos, reducción de emisiones asociadas a la descomposición inadecuada y generación de nuevas cadenas de valor (Estefanía Planas, 2015). Estas experiencias han incorporado la logística inversa como herramienta para organizar el flujo de retorno de materiales desde los puntos de generación hasta centros de acopio y tratamiento, permitiendo optimizar el uso de recursos, disminuir la cantidad de residuos destinados a disposición final y mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones involucradas (Govindan, 2017).

A nivel nacional, el desarrollo de políticas públicas orientadas a la gestión integral de residuos sólidos, aprovechamiento de residuos orgánicos y promoción de la economía circular (Gobierno de Colombia, 2019) ha impulsado la formulación de programas y proyectos que buscan transformar la manera en que se gestionan los residuos de poda y jardinería. Sin embargo, la implementación de sistemas estructurados de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental en empresas de servicios, que dentro de su actividad económica están las

actividades de paisajismo y servicios de mantenimiento conexos, continúa siendo limitada, predominando esquemas tradicionales basados en la disposición directa a través de terceros con bajo nivel de trazabilidad (C. de Miguel, 2021).

En el ámbito local, el municipio de Girardot cuenta con el plan de gestión integral de residuos sólidos en sus siglas PGIRS, compilando el Decreto 138 de 2017 y el Decreto 110 del 26 de mayo del 2020, que define la organización del servicio público de aseo, la línea base de generación de residuos, así como los programas y proyectos relacionados con corte de césped, poda de árboles. Dentro de este instrumento destacando el programa 5 “Corte de césped y poda de árboles en vías y áreas públicas” y el programa 7 denominado “Aprovechamiento” que incluyen proyectos específicos orientados al tratamiento de residuos sólidos orgánicos, rutas selectivas y fortalecimiento de grandes generadores, constituyéndose en el marco de referencia local para la gestión de residuos de horticultura ornamental en Girardot (Alcaldía Municipal de Girardot y CYDEP S.A.S., 2017).

En el caso específico de la empresa Fumigir Ltda., ubicada en la ciudad de Girardot, Cundinamarca, la disposición final de residuos orgánicos y vegetales generados en las actividades de horticultura ornamental se ha realizado históricamente mediante la contratación de servicios de transporte externo hacia los sitios de disposición, sin que la empresa asuma de manera directa procesos de aprovechamiento o transformación de estos materiales. Esto se debe, entre otros factores, a los requerimientos asociados a la adquisición de un lugar de acopio, adquisición de maquinaria (chipeadora) y ausencia de estructura formal de logística inversa que permite visualizar estos residuos como recursos valorizables dentro de la cadena de servicios ofertados por la organización.

La situación descrita ha generado que el proceso de poda y jardinería se conciba principalmente como actividad operativa orientada al cumplimiento del servicio, sin incorporar de manera explícita el potencial de generación de valor socioambiental mediante el aprovechamiento de residuos a partir del levantamiento de información realizado al personal de la empresa.

### **3. Planteamiento del Problema**

#### **3.1. Descripción del Problema**

La generación inadecuada de residuos orgánicos en el sector agroindustrial y hortícola responde principalmente a 3 causas estructurales: la ausencia de planes de gestión integral que prioricen la valorización sobre la disposición final, la falta de infraestructura tecnológica para compostaje o digestión anaeróbica, y la baja conciencia organizacional sobre la economía circular que lleva a tratar podas, tallos y sustratos como desechos sin potencial productivo. Esta problemática se agrava en actividades como la horticultura ornamental, donde residuos vegetales frescos pierden valor rápidamente si no se procesan en el sitio, generando emisiones como el metano, la contaminación de suelos y agua y una pérdida de oportunidades hacia los bio-abonos (Ramirez, 2020, págs. 11-13).

A nivel mundial, la generación de residuos sólidos urbanos alcanzó los 2.300 millones de toneladas en 2023 y se proyecta que llegue a 3.800 millones para 2050, con los residuos orgánicos representando el 44-57% del total (Sensoneo, 2025). El banco mundial estima que este incremento del 70% generará mayor presión sobre los sistemas de gestión de residuos, afectando especialmente a países en desarrollo donde las tasas de recuperación son inferiores al 20% (Grupo Banco Mundial, 2018).

**Tabla 1**

*Principales países generadores de residuos sólidos urbanos.*

| Rango 2022 | País          | Residuo Generado | Reciclaje | Incineración | Vertedero | Reciclados / Generados | Puntuación Final |
|------------|---------------|------------------|-----------|--------------|-----------|------------------------|------------------|
| 1          | Japón         | 326 kg           | 63 kg     | 245 kg       | 3 kg      | 19%                    | 100              |
| 2          | Corea del Sur | 438 kg           | 236 kg    | 91 kg        | 56 kg     | 54%                    | 99,6             |
| 3          | Estonia       | 373 kg           | 142 kg    | 159 kg       | 2 kg      | 385                    | 99,5             |

**Nota:** La tabla muestra los tres principales países que generan residuos sólidos urbanos para el año 2022 y sus disposiciones finales. Fuente: Sensoneo (2025).

En el sector agroindustrial y hortícola, los residuos vegetales como podas tallos y sustratos, constituyen una fuente de recurso potencial desaprovechado para la economía circular, ya que su valorización mediante compostaje o biogás podría reducir emisiones de metano en un 50% y generar ingresos netos de 700 billones de dólares anuales globalmente (Plataforma Tierra, 2013); (Ellen Macarthur Foundation, 2018); (Molina-Morejón, Espinoza-Arellano, Contreras-Martínez, & Díaz-Gurrola, 2025). Sin embargo, la implementación de logística inversa para estos residuos enfrenta barreras logísticas y tecnológicas, particularmente en cadenas de suministro fragmentadas como la horticultura ornamental (Vázquez, 2008).

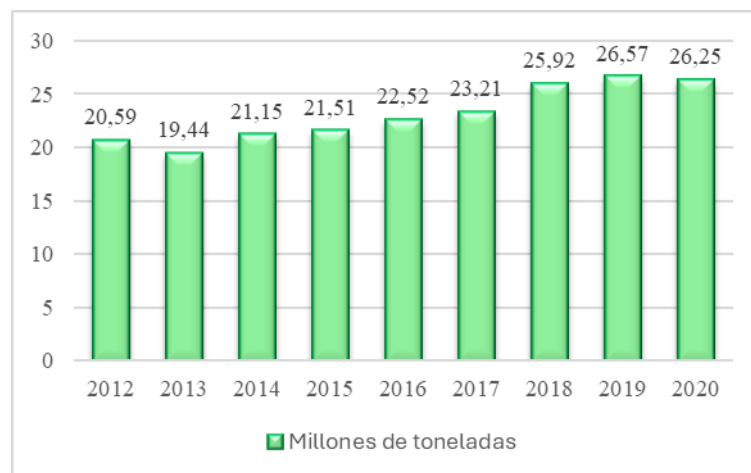
Un estudio reciente destaca que la adopción de modelos circulares en la industria hortofrutícola transforma sus productos en materias primas, reduciendo la dependencia de recursos vírgenes y minimizando impactos ambientales, ya que la logística inversa es el proceso de planificar, implementar y controlar el flujo eficiente de las materias primas, los inventarios en proceso, los productos terminados e información relacionado desde punto de origen, hasta el consumidor final, recuperando valor y/o ejercer una correcta eliminación. (Céspedes, 2023)

En Latinoamérica, se generan 231 millones de toneladas de residuos sólidos al año, con orgánicos del agro representando el 60%, pero sólo el 5% se recupera mediante procesos formales (Greentech, 2026); (Correal, Faleiro, Piamonte, Rihm, & Zambrano, 2023); (CEPAL, 2021). Países como México y Argentina reportan tasas de valorización de residuos hortícolas inferiores al 10%, generando pérdidas económicas estimadas en 2.500 USD anuales y contaminación de suelos por lixiviados (Aguado, 2024); (FAO, 2025).

En Colombia, para el año 2020 se ofertó por parte de residuos y productos residuales del 51,8% por actividades económicas e importaciones (13,59 millones TON) y de hogares colombianos el 48,2% (12,66 millones TON) (DANE, 2022, pág. 3).

**Figura 1**

*Oferta de residuos sólidos y productos residuales.*



**Nota:** La figura muestra las cifras de la oferta de los residuos sólidos y residuales en un periodo de tiempo entre el año 2012 y el 2020. Fuente: DANE (2022).

A pesar de todo, el Ministerio de Ambiente reconoce al sector floricultor y ornamental como un sector con alto potencial para implementar un modelo de economía circular, en los que en la gestión integral de residuos contribuye a un eje central para reducir emisiones y avanzar hacia

una producción baja en carbono (Ministerio de Ambiente, 2020) (Asocolflores, 2024, págs. 15-19). En Cundinamarca, se generaron 1'956,12 toneladas al día de residuos sólidos en 2023, donde este departamento figura entre los cuatro departamentos que más residuos generan, donde la horticultura ornamental contribuye significativamente a residuos vegetales dada su importancia regional (Superservicios, 2023, pág. 26).

**Tabla 2**

*Disposición final de residuos vegetales a nivel departamental*

| <b>Departamento</b>                             | <b>Promedio por día<br/>2022</b> | <b>Promedio por día<br/>2023</b> | <b>Porcentaje de<br/>cambio</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Amazonas</b>                                 | 23,01                            | 27,61                            | 19,96%                          |
| <b>Antioquia</b>                                | 4.194,92                         | 4.394,89                         | 2,38%                           |
| <b>Arauca</b>                                   | 118,41                           | 93,79                            | -20,79%                         |
| <b>Archipiélago de San Andrés y Providencia</b> | 95,05                            | 78,61                            | -17,29%                         |
| <b>Atlántico</b>                                | 2,715,81                         | 2.632,23                         | -3,08%                          |
| <b>Bogotá D.C.</b>                              | 6.270,48                         | 6.062,03                         | -3,32%                          |
| <b>Bolívar</b>                                  | 2.026,39                         | 2.055,20                         | 1,42%                           |
| <b>Boyacá</b>                                   | 601,73                           | 575,15                           | -4,42%                          |
| <b>Caldas</b>                                   | 719,28                           | 623,63                           | 13,30%                          |
| <b>Caquetá</b>                                  | 175,21                           | 172,11                           | -1,77%                          |
| <b>Casanare</b>                                 | 249,3                            | 235,49                           | -5,54%                          |
| <b>Cauca</b>                                    | 446,46                           | 438,67                           | -1,74%                          |
| <b>Cesar</b>                                    | 861,04                           | 1.020,21                         | 18,49%                          |
| <b>Chocó</b>                                    | 369,33                           | 393,76                           | 6,61%                           |
| <b>Córdoba</b>                                  | 1.011,25                         | 1.009,47                         | -0,18%                          |
| <b>Cundinamarca</b>                             | 2.010,02                         | 1.956,12                         | -2,68%                          |
| <b>Guainía</b>                                  | 17,03                            | 16,74                            | -1,73%                          |
| <b>Guaviare</b>                                 | 41,78                            | 43,43                            | 3,94%                           |
| <b>Huila</b>                                    | 572,31                           | 542,29                           | -5,25%                          |
| <b>La Guajira</b>                               | 510,83                           | 429,12                           | -16,00%                         |
| <b>Magdalena</b>                                | 1.537,18                         | 906,89                           | -40,62%                         |
| <b>Meta</b>                                     | 645,83                           | 646                              | 0,03%                           |

|                           |          |          |         |
|---------------------------|----------|----------|---------|
| <b>Nariño</b>             | 663,2    | 667,11   | 0,59%   |
| <b>Norte de Santander</b> | 1.094,74 | 1.146,08 | 4,69%   |
| <b>Putumayo</b>           | 150,49   | 153,91   | 2,27%   |
| <b>Quindío</b>            | 394      | 405,62   | 2,95%   |
| <b>Risaralda</b>          | 815,6    | 839,55   | 2,94%   |
| <b>Santander</b>          | 1.448,42 | 1.384,58 | -4,41%  |
| <b>Sucre</b>              | 473,93   | 460,56   | -2,82%  |
| <b>Tolima</b>             | 919,28   | 869,43   | -5,42%  |
| <b>Valle del Cauca</b>    | 3.374,75 | 3.294,86 | -2,37%  |
| <b>Vaupés</b>             | 4,15     | 4,17     | 0,47%   |
| <b>Vichada</b>            | 21,07    | 18,55    | -11,89% |

**Nota:** la tabla presenta los promedios diarios de disposición de residuos sólidos por departamento, ratificando la urgencia de implementar estrategias de economía circular para el reaprovechamiento de residuos. **Fuente:** Superservicios (2023, pág. 26).

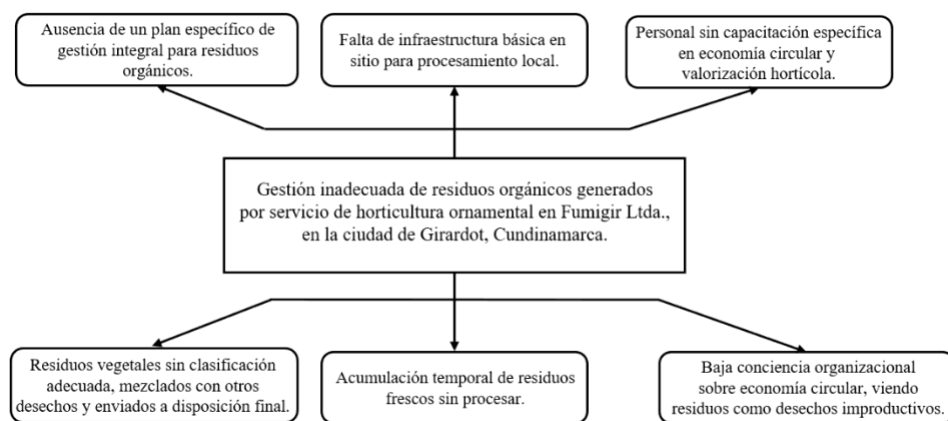
A nivel municipal, Girardot utiliza el relleno sanitario *Praderas del Magdalena*, el cual forma parte de los únicos seis nodos de disposición autorizados en Cundinamarca, junto a Nuevo Mondoñedo, Doña Juana, Chocontá, Cucunubá y Villa Pinzón, evidenciando una restricción crítica en la capacidad instalada del sistema departamental, obligando a que 55 de los 117 municipios de la región dependan de desplazamientos externos para el descargue final de residuos sólidos, lo que genera mayores requerimientos logísticos en el transporte y una constante presión sobre infraestructuras cuya vida útil proyectada oscila entre los 15 y los 18 años según registros oficiales (Gobierno de Cundinamarca, 2014). Bajo este panorama, la dependencia actual resulta insostenible para el municipio de Girardot debido a la acumulación continua y el flujo ininterrumpido de materiales que totalizan las 713.983,8 toneladas anuales en el departamento durante el último periodo. Por consiguiente, se hace imperativa la formulación de planes de manejo

y aprovechamiento que permitan mitigar la saturación de la red de rellenos regionales mediante la integración de estrategias de economía circular que garanticen la eficiencia y sostenibilidad del entorno a largo plazo.

En la empresa Fumigir Ltda., ubicada en el municipio de Girardot, Cundinamarca, la prestación de servicios de horticultura ornamental genera de forma continua residuos vegetales y materiales asociados que, en su mayoría, se gestionan como desechos sin un proceso sistemático de clasificación, valorización ni aprovechamiento. Esta situación resulta crítica si se considera que la valorización de residuos agroalimentarios y hortícolas, mediante estrategias como el compostaje y otros usos productivos, se reconoce como una vía para reducir su acumulación, disminuir el impacto ambiental y mejorar la calidad de los suelos al reincorporar la materia orgánica al ciclo productivo (Céspedes, 2023).

**Figura 2**

*Árbol del problema basado en la gestión inadecuada de residuos orgánicos en Fumigir Ltda.*



**Nota:** la figura muestra las causas y los efectos de una gestión inadecuada de residuos orgánicos por la horticultura ornamental en Fumigir Ltda., en la ciudad de Girardot, Cundinamarca. **Fuente:** elaboración propia (2026).

En este contexto surge la necesidad de formular una propuesta de sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental, sustentada en la logística inversa y en principios de economía circular, que se adapte a las características operativas de la empresa y a las particularidades territoriales de Girardot. A partir de la caracterización de los procesos actuales, la identificación de tendencias en el manejo y valorización de residuos articulación ambientales y el diseño de estrategias específicas de aprovechamiento.

### **3.2. Formulación del Problema**

En el contexto de la horticultura ornamental en Girardot, la gestión inadecuada de residuos orgánicos como podas, tallos y sustratos responde a la ausencia de planes de valorización, falta de infraestructura para compostaje y baja conciencia sobre logística inversa, lo que genera impactos ambientales como emisiones de metano y contaminación de suelos. Esta problemática limita la transición hacia modelos circulares en el sector agroindustrial local, donde estos materiales podrían reincorporarse como bioabonos o biomasa.

### **3.3. Pregunta de Investigación**

¿Cuál sería la propuesta de un sistema para el manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental en la empresa Fumigir Ltda., en la ciudad de Girardot, Cundinamarca?

## **4. Objetivos**

### **4.1.General**

Proponer un sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental a partir de la logística inversa a la empresa Fumigir Ltda., en la ciudad de Girardot, Cundinamarca.

#### **4.2.Específicos**

- Caracterizar los procesos, procedimientos y prácticas actuales asociados al manejo de residuos de horticultura ornamental en la empresa Fumigir Ltda.
- Analizar las tendencias, modelos y buenas prácticas relacionadas con el manejo, valorización y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental, a partir de la revisión de literatura científica y bases de datos especializadas.
- Diseñar estrategias y lineamientos operativos basados en la logística inversa que permitan mejorar el manejo, recuperación y aprovechamiento de los residuos generados en los procesos de horticultura ornamental de la empresa.

#### **5. Justificación**

El manejo y aprovechamiento de residuos de la horticultura ornamental sigue enfoques de desarrollo sostenible, economía circular y logística inversa, ya que estos flujos de residuos contribuyen al flujo de residuos sólidos urbanos y a la provisión de valor al reutilizarlos como un medio para minimizar los residuos y los efectos ambientales. (Menéndez Jaramillo, Saavedra Meza, & Díaz Bedón, 2025). En este sentido, puntuales modelos de logística inversa que se aplicaron a la gestión de residuos han tenido éxito al proporcionar evidencia del diseño de redes multinivel que reducen la cantidad de residuos destinados a disposición final y minimizan los impactos ambientales mediante el procesamiento del retorno del material en la línea de producción, incluyendo la valorización como el compostaje, la producción de biomasa y otros usos industriales (Palacios Moreno, Izurieta Recalde, & Vega Flor , 2025), por lo tanto, indica la relevancia de estructurar cadenas de retorno para los residuos verdes de actividades de jardinería y paisajismo. La investigación sobre la gestión de residuos sólidos agrícolas indica la clasificación,

acondicionamiento y redirección de fracciones orgánicas a procesos de reutilización que cierran ciclos de materiales y refuerzan el desempeño ambiental de las empresas mediante la integración de estos flujos en políticas de economía circular y uso eficiente de los recursos. (Rodríguez-Félix & Lopez Cardona, 2026) Proponer un sistema de gestión y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental para una empresa de servicios como Fumigir Ltda. se ajusta al enfoque de integración de la logística inversa con cadenas de suministro sostenibles, al brindar oportunidades para transformar un flujo que tradicionalmente ha representado una fuente de impactos ambientales y desafíos operativos en una entrada para procesos de economía circular. Esto permite generar valor ambiental y social, contribuyendo a la mitigación del cambio climático, la conservación de los recursos naturales y el cumplimiento de las demandas internacionales dentro de un modelo integral de gestión de residuos. (Pedraza Manuel, 2024) En la región latinoamericana, existe un alto desafío de gestión y distribución de residuos orgánicos generados con la producción agronómica y hortícola, debido a la reducción de pérdidas postcosecha, la falta de estandarización de la disposición y la falta de estructura en el modelo de logística inversa de residuos en la cadena de suministro donde la biomasa no puede ser utilizada, dejando la acumulación de residuos en vertederos o basureros a cielo abierto.

De acuerdo con la información recolectada y por parte de la empresa regional que se encarga de la recolección y disposición de los residuos en la ciudad, los residuos vegetales provenientes de la actividad a analizar (horticultura ornamental: corte de césped y poda de árboles en espacios cerrados), son recolectados por parte del personal operativo, que posteriormente son transportados para su disposición final, sin que actualmente se implementen procesos específicos de aprovechamiento o valorización de este tipo de material. Asimismo, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) vigente del municipio no establece lineamientos concretos

orientados al aprovechamiento de los residuos vegetales generados en estas actividades, por lo cual, se evidencia una oportunidad para el desarrollo de propuestas que permitan mejorar su gestión y promover alternativas sostenibles de manejo.

**Tabla 3**

*Corte de césped y poda de árboles según PGIRS.*

| <b>Parámetro</b>                                                                                  | <b>Resultado de la Línea Base</b>                                             | <b>Prioridad</b> | <b>Objetivo</b>                                                                          | <b>Meta</b>                                                                         | <b>Plazo</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Catastro de árboles ubicados en vías y áreas públicas que deben ser objeto de poda</b>         | No hay catastro de árboles (esta por ejecución por parte del prestador)       | Media            | Realizar catastro de arboles                                                             | Contra con catastro de árboles                                                      | Corto        |
| <b>Catastro de áreas públicas objeto de corte de césped</b>                                       | No hay inventario de áreas públicas receptivas objeto de corte de césped      | Media            | Realizar catastro de área publica verde                                                  | Contar inventario de áreas públicas verdes                                          | Corto        |
| <b>Cantidad mensual de residuos generados en actividades de corte de césped y poda de arboles</b> | En el municipio no se presta el servicio de corte de césped y poda de arboles | Media            | Controlar y supervisar la prestación del servicio y generar registro de cantidades       | Implementar la prestación del servicio de acuerdo con las necesidades del municipio | Corto        |
| <b>Aprovechamiento de residuos de corte de césped y poda de arboles</b>                           | El municipio no realiza esta actividad                                        | Media            | Aprovechar los residuos sólidos orgánicos, producto de corte de césped y poda de arboles | 100% de RSO de corte de césped y poda de árboles aprovechados                       | Corto        |

|                                                                                                  |                                              |       |                                                                           |                                                               |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tipo de aprovechamiento de residuos de corte de césped y poda de arboles</b>                  | No se identifica aprovechamiento actualmente | Media | Realizar el aprovechamiento de este tipo de residuos                      | 100% de RSO de corte de césped y poda de árboles aprovechados | Corto |
| <b>Sitio empleado para la disposición final de residuos de corte de césped y poda de arboles</b> | N/A                                          | N/A   | N/A                                                                       | N/A                                                           | N/A   |
| <b>Frecuencia actual de corte de césped</b>                                                      | N/A                                          | Media | Estructurar la programación del servicio anualmente y prestar el servicio | Cumplimiento de la programación del servicio                  | Corto |
| <b>Frecuencia actual de poda de arboles</b>                                                      | N/A                                          | Media | Prestar el servicio según la demanda del municipio                        | Guía técnica de reglamentación para la poda de arboles        | Corto |

**Nota:** en la anterior tabla, se puede evidenciar que la gestión de residuos en Girardot depende de terceros y carece de procesos de economía circular, dependiendo de terceros y sin procesos de clasificación. **Fuente:** Resultado de Consultoría por parte del CYDEP para la Alcaldía Municipal de Girardot (2017, págs. 98-99).

En este escenario, la investigación se justifica al proponer un sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental en Fumigir Ltda., fundamentado en los principios de la logística inversa. La implementación de esta propuesta permitirá identificar los flujos de residuos, establecer mecanismos de clasificación y tratamiento, y reincorporar materiales en un proceso productivo sostenible. Con ello, se busca transformar desechos en insumos de valor agregado, que generen beneficios ambientales y sociales, fortaleciendo la responsabilidad empresarial y aportando a la construcción de comunidades más sostenibles.

En el ámbito de la gestión logística y la red de valor de Fumigir Ltda., el tratamiento de los residuos orgánicos provenientes de la horticultura ornamental constituye un reto significativo tanto para la empresa, como para los sistemas municipales de recolección y disposición final. Las labores de mantenimiento de zonas verdes y jardines generan grandes volúmenes de material vegetal, como ramas, hojas y restos de poda que, en la práctica habitual, son trasladados directamente a rellenos sanitarios, que desaprovechan su potencial como insumos reutilizables. Bajo la perspectiva de la logística inversa, estos residuos pueden convertirse en recursos estratégicos al ser reincorporados en nuevos ciclos productos. Este enfoque no solo favorece el uso adecuado de materiales y reduce impactos ambientales, sino que también fortalece la transición hacia modelos de economía circular, donde los desechos se transforman en oportunidades de valorización.

## **6. Marco de Referencia**

### **6.1. Marco Teórico**

Para comprender de manera más sintetizada el manejo y aprovechamiento de horticultura ornamental, se requiere mencionar y reconocer distintas metodologías planteadas por autores con conocimiento y experiencia en el tema a abordar y los cuales han tenido una contribución para que las empresas lo apliquen y desarrollen al interior de estas permitiendo enfocar su modelo de negocio a un nicho de mercado especial y tener como guía referencias que le den soporte al desarrollo de las actividades como empresa. Asimismo, es importante destacar la razón de estudio y aplicación de estos modelos que involucra tanto a la empresa como al entorno en el que se encuentra y tiene un constante movimiento, permitiéndole así una ventaja competitiva.

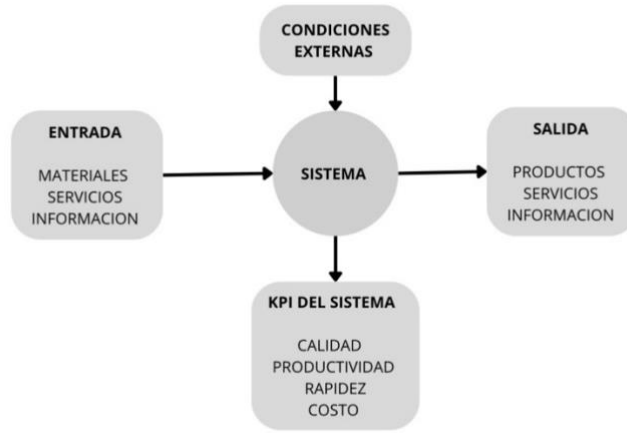
### ***6.1.1. Enfoque Sistémico de la Administración***

La teoría general de los sistemas surge en la década de 1950 a partir de los estudios del biólogo Ludwig Von Bertalanffy, quien propuso una perspectiva interdisciplinaria capaz de superar la segmentación del conocimiento entre las distintas ciencias. Esta teoría sostiene que los fenómenos no deben de analizarse de manera aislada, sino como conjuntos de elementos interrelacionados que interactúan para cumplir funciones dentro de un todo organizado. Desde ese punto de vista, lo más importante no solo son sus componentes individuales, si no los flujos, las interdependencias y los mecanismos de retroalimentación que permiten la dinámica, el equilibrio y la adaptación del sistema.

La perspectiva estratégica permite analizar una mirada integral sobre las organizaciones, ya que identifica y considera a estas mismas como sistemas abiertos que intercambian materia, energía e información de su entorno; esto significa que se debe evaluar las decisiones y procesos por su repercusión en el desempeño global de sistema, desplazando la atención de elementos aislados a una configuración de redes, relaciones y procesos que sostienen la capacidad de adaptación y resiliencia organizacional (Ramírez, 2014, págs. 23-36).

**Figura 3**

*Componentes del Sistema.*



**Nota:** La figura muestra los diferentes componentes que cuenta un sistema al momento de analizar sus procesos dentro de la organización y como puede estar en constante evolución, teniendo en cuenta estos factores. **Fuente:** elaboración propia (2026).

### **6.1.2. Teoría de la Administración**

Chiavenato (2019), en su análisis de las teorías clásicas de la administración, especialmente formulada por Henri Fayol, aporta un marco funcional que resulta útil para estructurar un sistema de logística inversa, al concebir la administración como un proceso compuesto por **planeación-organización-dirección-control**, que facilita la traducción de objetivos estratégicos en acciones operativas concretas dentro de una red inversa de residuos de horticultura ornamental.

En la **planeación** se definen metas claras para el retorno y la valorización de los residuos, se diseñan rutas y puntos de recolección y se establecen criterios para la clasificación y su tratamiento. La **organización** distribuye responsabilidades y recursos, articulando roles entre productores, gestores y centros de relleno, configurando una estructura que permita la

coordinación interinstitucional y el cumplimiento normativo. La **dirección** orienta a la ejecución mediante liderazgo, comunicación y capacitación, permitiendo que las actividades de recolección y transformación se realicen de manera coherente, disponible y segura al momento de documentar los resultados. Finalmente, el **control** verifica que los procesos sean realizados, evalúe sus resultados operativos y ambientales, y permite generar un análisis interno del sistema para ajustar procesos, finiquitar detalles y mejorar su desempeño.

**Figura 4**

*Ciclo productivo de las organizaciones.*



**Nota:** La figura muestra el ciclo productivo que las organizaciones deben de tomar para tener una visión estratégica, entendiendo que es un proceso continuo y en constante identificación, análisis, retroalimentación y factores de mejoramiento; y así sucesivamente, cumpliendo ciclos. **Fuente:** elaboración propia (2026).

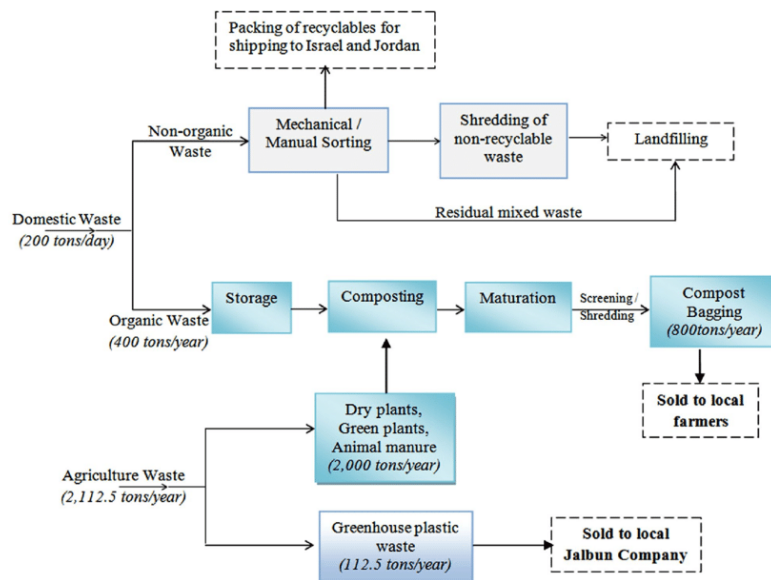
**6.1.3. Desarrollo Sostenible**

El desarrollo sostenible emerge como respuesta ante la necesidad de movilizar a las personas para ejercer sus actividades cotidianas mediante argumentos innovadores e inteligibles que permitan superar las condiciones actuales de pobreza, inequidad y falta de justicia social. Por lo cual, esta filosofía promueve la reconstrucción de estructuras cognitivas

individuales y colectivas, fomentando redes sociales y socioambientales que vinculan la movilidad humana con el reaprovechamiento de residuos vegetales, como resultado, si se logra adaptar a este enfoque, reduciría la disposición final en rellenos sanitarios, minimizando los impactos ambientales mientras se genera valor económico agregado, alineándose con principios de eficiencia y sostenibilidad. (Betancur Pérez, 2016)

**Figura 5**

*Sistema de manejo y aprovechamiento de residuos a través del desarrollo sostenible.*



**Nota:** Esta figura muestra los diferentes componentes que cuenta un sistema de gestión de residuos orgánicos en un momento de análisis, permitiendo evaluar su proceso en la organización y su posible evolución. **Fuente:** Bonoli, Alessandra; Zanni, Sara; Awere, Eric (2019)

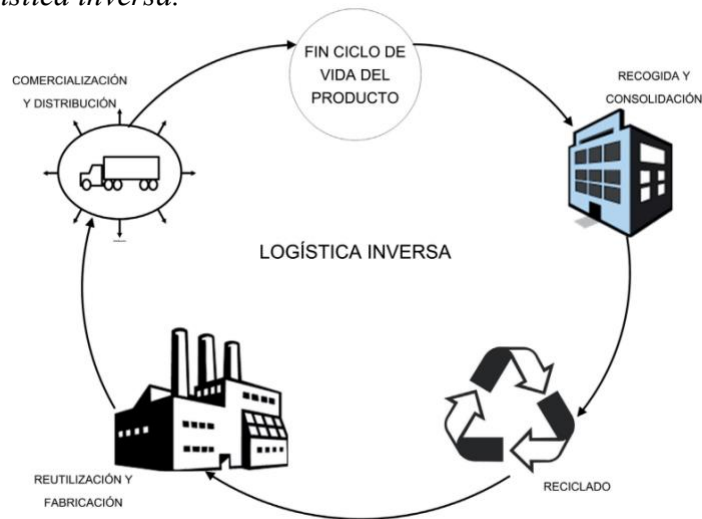
#### 6.1.4. Logística Inversa

Según Rojas López (2014), quienes atribuyen a la teoría de la logística inversa y verde, un enfoque estratégico orientado a la recuperación de valor y a la sostenibilidad ambiental dentro de la cadena de suministro, la gestión de flujos y eficiencia de recursos significa que:

La logística inversa no solo se enfoca en retornar materiales, también en la prevención y reducción de aprovechamiento de desechos dentro de toda la cadena de suministro. El planteamiento teórico sustenta la necesidad de estructurar el sistema que permita la recolección, clasificación y valorización de residuos vegetales generados por las actividades de poda y mantenimiento ornamental, convirtiéndose en un modelo hacia la sostenibilidad ambiental, reducción de impactos y cumplimiento normativo.

**Figura 6**

*Ciclo de la logística inversa.*



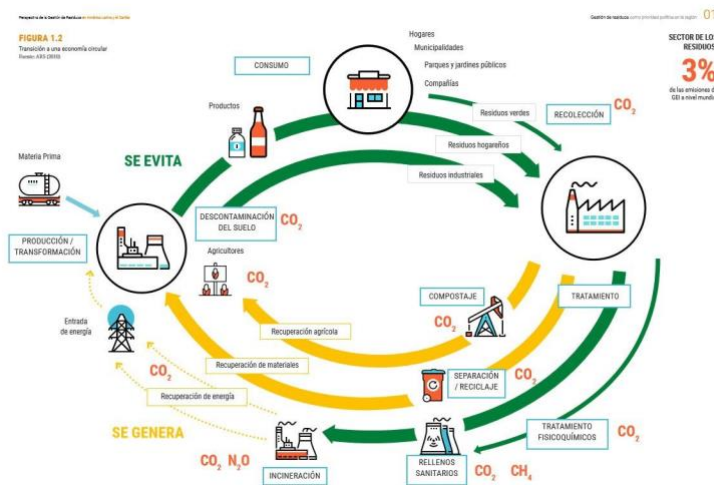
**Nota:** en la anterior figura, se puede analizar un ciclo continuo de la actividad de la logística inversa dentro de una organización, y como se identifican los macroprocesos que intervienen dentro de esa actividad o función en específico. **Fuente:** (2014)

### 6.1.5. Teoría de Economía Circular

Según Hériz (2018), plantea un nuevo modelo de producción y consumo sostenible que se desliga del esquema lineal tradicional en donde se extrae, produce, usa y desecha, proponiendo en su lugar un sistema regenerativo donde los recursos se mantienen en uso el mayor tiempo posible, se aprovecha al máximo su valor, al finalizar su vida útil se recupera y regenera dentro del ciclo productivo, si bien es cierto esta teoría no solo implica el reciclaje, rediseña procesos de innovación en modelos de negocio y transformación cultural en las organizaciones integrando criterios ambientales, económicos y sociales. El enfoque de Hériz, sustenta teóricamente la transición de un modelo lineal, donde los residuos de horticultura ornamental son considerados desechos, hacia un modelo circular donde los residuos se reincorporan en un sistema productivo.

**Figura 7**

*Transición a la economía circular.*



**Nota:** en la figura se puede evidenciar que, estructurando una ruta clara y concisa de cómo se van a disponer de las actividades en una organización, se puede lograr una adecuada y productiva cadena que permita generar valor hasta en los procesos más fáciles de accionar.

**Fuente:** ONU (2021).

#### 6.1.6. Teoría XY Plus

Silvera (2023) plantea una manera renovada de comprender la cadena de suministro en la que la sostenibilidad deja de ser un aspecto secundario y se convierte en el eje que orienta la estrategia y la operación de las empresas. Bajo este enfoque, el desarrollo sostenible implica que toda organización debe generar valor económico, ambiental y social, procurando que las decisiones de inversión y producción contribuyan al bienestar del entorno y al fortalecimiento de su competitividad. Esta visión se transmite en la construcción de cadenas de suministro sostenibles, donde cada eslabón incorpora prácticas responsables (gestión ambiental, reducción de riesgos, eficiencia logística, producción consciente y relaciones éticas con proveedores y clientes; como resultado, se genera una estructura más resiliente, perseverante y coherente con los ODS.

#### **Figura 8**

*Gestión de la cadena de suministro.*

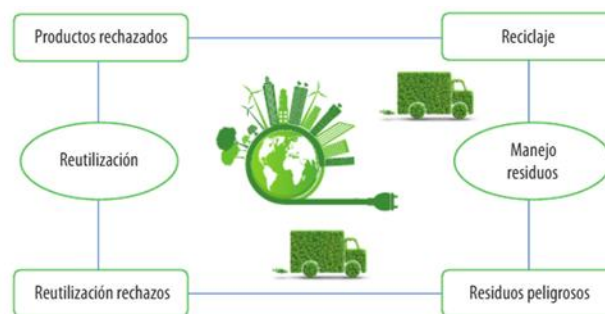


**Nota:** en la anterior figura se pueden identificar las buenas prácticas al momento de hacer las operaciones logísticas dentro de la organización, con el fin de garantizar que no se desvíe de la identidad del negocio y ejecute las buenas prácticas con el medioambiente en todos los eslabones del proceso de distribución de las cargas. **Fuente:** Rodolfo Silvera, (2023).

También integra la logística verde como herramienta de generación de valor, ya que, se deja de ver la logística como el movimiento eficiente de mercancía y se determina como un conjunto de decisiones estratégicas sobre transporte, almacenamiento, distribución, empaque y manejo de residuos; al momento de integrar la logística verde, busca reducir emisiones, aprovechar los recursos y transformar los desechos, en nuevas oportunidades. Va muy de la mano con la logística inversa, donde estrategias como el reciclaje de empaques, el uso de tecnologías limpias en las fases productivas y el apoyo de sistemas de información permiten que las empresas mejoren su desempeño ambiental, fortalezcan la gestión de sus recursos y consoliden su reputación frente a clientes y comunidades.

**Figura 9**

*Estrategias del componente de logística verde.*



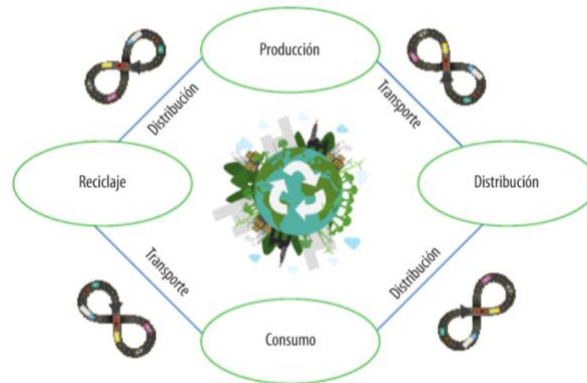
**Nota:** en la figura anterior, se pueden identificar los componentes en la estrategia de utilización de la logística verde o inversa en las empresas para generar valor en actividades vistas improductivas sin generación de valor o concientización ambiental. Donde, es un proceso continuo y aliado con todas las áreas de la organización que genera concientización en actividades que generan desechos sin un fin acorde al aprovechamiento ambiental.

**Fuente:** Rodolfo Silvera (2023).

Además, identifica de manera explícita los principios de economía circular y logística colaborativa, donde, la economía circular se identifica como un modelo que prolonga el ciclo de vida de los productos mediante la reducción, el reúso y el reciclaje, evitando que los materiales se conviertan prematuramente en residuos sin valor, por lo tanto, la logística se transforma en circular, donde se encarga de organizar los flujos directos e inversos para que los productos regresen al sistema económico como insumos reutilizables o como nuevos bienes.

**Figura 10**

*Ciclo de la economía circular y su aplicación.*



**Nota:** en la anterior figura, se evidencia que, si se tiene en cuenta las buenas prácticas dentro de la organización, gestionando los inventarios y generando valor a cierto recurso visto como muerto en cualquiera de las macro fases de la empresa, se puede crear concientización y sacar el mejor beneficio económico y continuar con el uso del producto, generando una circulación productiva en una región. **Fuente:** Rodolfo Silveria, (2023).

Bajo esta perspectiva teórica, el proyecto denominado “Propuesta de un sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental a partir de la logística inversa” se sustenta en la necesidad de estructurar un modelo que permita gestionar de manera eficiente los residuos vegetales generados en actividades de horticultura ornamental, tales como podas, restos

de plantas, hojas, tallos y sustratos agotados. Tradicionalmente, estos residuos son considerados desechos que requieren actividades de recolección, transporte y disposición final; sin embargo, desde el enfoque de la logística inversa y verde, se conciben como materiales susceptibles de valorización mediante procesos de transformación como el compostaje, la producción de abonos orgánicos o la generación de biomasa.

La teoría señala que la logística verde integra criterios ambientales en cada etapa de la cadena de suministro, promoviendo la reducción de impactos negativos, la eficiencia en el uso de recursos y la implementación de prácticas responsables. En este sentido, el sistema propuesto no solo busca organizar el flujo interno de recolección y clasificación de residuos, sino también diseñar mecanismos de retorno que permitan reincorporarlos al proceso productivo, cerrando el ciclo y fortaleciendo principios de economía circular. De esta manera, el residuo vegetal deja de representar un pasivo ambiental para convertirse en un insumo estratégico.

Asimismo, la aplicación de esta teoría implica estructurar etapas claras dentro del sistema de manejo, tales como la separación en la fuente, el almacenamiento temporal, la clasificación del material orgánico, su transformación y posterior reincorporación al cultivo ornamental. Este proceso requiere planificación logística, establecimiento de rutas internas eficientes, definición de puntos de acopio y creación de indicadores de desempeño que permitan medir variables como el porcentaje de residuos aprovechados, la eficiencia de las operaciones de manejo y la disminución del impacto ambiental.

En consecuencia, el marco teórico del proyecto se fundamenta en la concepción de la logística inversa y verde como herramientas de gestión estratégica que permiten fortalecer el aprovechamiento de los recursos, mejorar la eficiencia operativa y contribuir al desarrollo sostenible. Aplicado a la horticultura ornamental, este enfoque facilita la implementación de un

sistema integral de manejo y aprovechamiento de residuos que promueve la sostenibilidad ambiental, la eficiencia en la gestión de los residuos y el fortalecimiento de prácticas productivas responsables.

## **6.2. Marco Conceptual**

### ***6.2.1. Sistema de Manejo de Residuos***

Se considera como el conjunto ordenado de actividades destinadas a la prevención, minimización, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, que opera mediante la articulación secuencial de subsistemas interdependientes, donde cada fase transforma el estado del residuo desde su generación hasta su destino final definitivo, estructurando en el ciclo de vida completo mediante protocolos estandarizados que garantizan trazabilidad. Este sistema existe para proteger sistemáticamente la salud pública y el medio ambiente al prevenir dispersión incontrolada y contaminación cruzada (Ani, y otros, 2023), (Flores López, 2012, pág. 14).

### ***6.2.2. Sistema de Aprovechamiento de Residuos***

Comprende los procesos para la recuperación de materiales y energía mediante transformación de residuos sólidos en nuevos productos o recursos insertados en ciclos productivos cerrados, identificando propiedades recuperables y aplicando tecnologías específicas. Donde rompe el metabolismo lineal conservando valor material y justificando económicamente la logística inversa al convertir todas artículos en copos comercializable (Velazquez , 2006, pág. 6), (República de Colombia Instituto Nacional de Salud, 2010, pág. 20).

### **6.2.3. Horticultura**

La horticultura es una rama de la agricultura que se encarga de cultivo intensivo de plantas hortícolas, incluyendo hortalizas, frutas, plantas medicinales y ornamentales, caracterizándose por requerir conocimientos técnicos avanzados y un manejo constante y meticuloso los cultivos. (Mahendra, Saurabh, Kumar, & Gulzar, 2024, págs. 3-4)

### **6.2.4. Horticultura Ornamental**

La horticultura ornamental es la rama de la horticultura dedicada al cultivo contra de plantas vasculares para producir flores cortadas, plantas en maceta y follaje ornamental, caracterizado por el manejo intensivo del ciclo biológico completo desde la propagación hasta la postcosecha comercial bajo condiciones controladas de luz, sustratos y fitohormonas. (D. Roca & M.A. Fernández-Zamudio, 2014)

### **6.2.5. Compost**

El compost es el producto estabilizado de descomposición biológica aeróbica controlada de manera orgánica que transforma compuestos complejos en humus mediante sucesión microbiana planificada y equilibrio carbono-nitrógeno, sustituyendo fertilizantes químicos por enmiendas orgánicas estables del ciclo local cerrado. (Amigos de la Tierra, pág. 2)

### **6.2.6. Residuos Orgánicos**

Los residuos orgánicos son la fracción biodegradable de residuos sólidos constituida por materiales vegetales y animales susceptibles de hidrólisis enzimática, fermentación y mineralización microbiana, representando el potencial biorreactor natural de la fracción orgánica del metabolismo productivo, clasificando podas hortícolas como aprovechables prioritarios. (Bogotá, alcaldía de Colombia, Universidad nacional , págs. 14-15).

#### ***6.2.7. Residuos Vegetales***

Los residuos vegetales son residuos lignocelulósicos exclusivamente vegetales (podas, follaje, tallos) cuya estructura química determina vías degradativas específicas aeróbicas o anaeróbicas, constituyendo como la materia prima natural abundante de actividades vegetales intensivas que requieren transformación planificada. (Escobar, 2015, pág. 15)

#### ***6.2.8. Residuos Lignocelulósicos***

Son todos aquellos restos vegetales que se caracterizan por tener una consistencia dura, seca o leñosa; los ejemplos más comunes son las ramas, los troncos, las cortezas y las hojas secas provenientes de las podas. Su nombre se debe a que están compuestas principalmente por celulosa (que forma las fibras de la planta) y lignina (componente natural que actúa como un escudo protector y les da dureza). Precisamente por esta estructura tan resistente, son materiales que no se degradan fácilmente por si solos en la naturaleza, requiriendo procesos de trituración o chipeado para romper esa dureza y permitir que se transformen eficientemente en compost o abono. (Regina J. Patinvoh, 2016), (Tinoco Valencia & Serrano Carreón, 2021)

#### ***6.2.9. Disposición Final***

La disposición final es el proceso de confinamiento controlado de residuos sólidos no aprovechables en rellenos sanitarios mediante aislamiento geoquímico permanente del medio biofísico, garantizando que la contención terminal de fracción no autorizable protegiendo acuíferos y atmósfera, definiendo él “punto cero” que la logística inversa busca minimizar. (Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas,, 2013)

### **6.3. Marco Contextual**

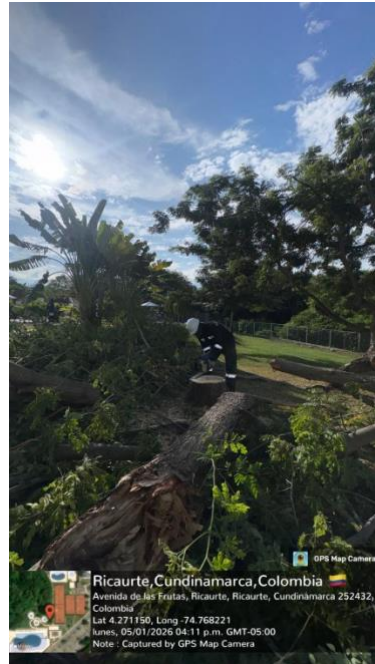
Al momento de realizar el levantamiento de la información acerca de la historia de Fumigir Ltda., en el momento de analizar los procesos, uno de esos se destacó dentro de todos dentro de la organización, y fue identificar cuáles serían las estrategias ideales para una buena disposición final de residuos por poda, cosa de la cual, se tercerizaba este servicio de residuos orgánicos a un camión que no ejercía una apta finalidad ambiental a estos residuos.

Por lo cual, al momento de identificar este factor de mejora dentro de la organización, se definió que, se podrían proponer estrategias para generar valor a la actividad de recolección de estos residuos para proponer un sistema de manejo y aprovechamiento a partir de la logística inversa, alineándose con los ODS, programa de sostenibilidad, ISO 14001, y mejorando la relación comercial con el cliente.

En el desarrollo de las actividades bajo su Clasificación Industrial Internacional Uniforme a las actividades económicas, por su siglas CIIU, basándonos en las actividades económicas a la que pertenece Fumigir Ltda., corresponde a la CIIU 8130, plantación, cuidado y mantenimiento de parques y jardines para viviendas con jardín de uso privado o comunitario, edificios públicos y semipúblicos (escuelas, hospitales, edificios administrativos, iglesias, etc.) ajardinamiento de vías públicas (carreteras, líneas de ferrocarril y tranvías, canales, puertos) edificios industriales y comerciales, vegetación para edificios (terrazas, fachadas, interiores y exteriores) campos deportivos y de recreación, parques infantiles, praderas para tomar el sol, etc. (DIAN, 2026)

### ***Figura 11***

*Practica de la horticultura ornamental y residuos orgánicos generados.*



**Nota:** en la figura se puede ver el cumplimiento de la actividad de tala de árboles, resultado de una práctica de horticultura ornamental, que permite ver el nivel de volumen de residuos vegetales y entender el impacto de la investigación. **Fuente:** propia (2026).

Para la realización de la actividad económica en mención, se emplea maquinaria especializada como, corta setos, motosierras, equipos para poda de árboles y chipeadoras, las cuales permiten generar procesos de intervención vegetal como el corte, mantenimiento de realce, estructural del árbol y redacción de volumen de biomasa generada durante las mismas. Estas labores son fundamentales para garantizar la salud fitosanitaria de las especies arbóreas, mejorar las condiciones estéticas de espacios a intervenir y prevenir riesgos asociados a ramas en mal estado que genere riesgo de caída. Al realizar actividades de poda de realce, mantenimiento y tala, se genera una cantidad considerable de residuos correspondientes a la horticultura ornamental, considerados vegetal sobrante o inclusive biomasa residual.

### ***Figura 12***

*Residuos vegetales generados por la práctica de horticultura ornamental.*



**Nota:** en la figura se puede evidenciar los residuos vegetales generados por la práctica de la horticultura ornamental y como se realiza su disposición temporal dentro de las instalaciones del establecimiento comercial privado, donde se puede ver los volúmenes altos de residuos y analizar su aprovechamiento por ejecución. **Fuente:** propia (2026).

Dicho material generado por la actividades de poda, se encuentra compuesto principalmente por ramas, hojas y residuos derivados de dicha actividad, generando un gran volumen representando un desafío logístico y ambiental, por lo tanto, si no se realiza su adecuado tratamiento y disposición final, se generan impactos negativos, como la acumulación de desechos, proliferación de plagas vectoriales, principalmente de batoideos y roedores, incremento de emisiones asociadas al desaprovechamiento de materiales que poseen potencial de valorización, por mencionar los más relevantes; teniendo en cuenta eso, se genera un panorama de problemas de sostenibilidad ambiental.

**Tabla 4**

*Panorama de problemas de sostenibilidad ambiental relacionados a la ejecución de actividades de horticultura ornamental.*

| <b>Actividad /<br/>panorama</b>                                                                                                                                                                    | <b>Aspecto de sostenibilidad<br/>ambiental / causas</b>                                       | <b>Riesgo de<br/>sostenibilidad<br/>ambiental</b>                                          | <b>Impacto de<br/>sostenibilidad<br/>ambiental</b>                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Escoger las ramas<br/>muertas que presente<br/>el árbol y se podan de<br/>forma oblicua justo<br/>por encima del lugar<br/>donde nacen. /<br/>afectación de fauna –<br/>corredor faunístico</b> | Procedimiento de<br>selección de ramas<br>muertas                                             | Afectación de fauna<br>silvestre exótica o<br>listado rojo de<br>Alexander Von<br>Humboldt | Alteración de<br>corredor faunístico                                           |
| <b>Eliminar todas las<br/>ramas que estén<br/>cruzadas en la<br/>copa del árbol<br/>(diseño) / pérdida<br/>de biomasa –<br/>material vegetal</b>                                                   | Debilitamiento estructural<br>del árbol – generación de<br>material vegetal sobrante          | Perdida del árbol -<br>afectación al medio<br>perceptor                                    | Incremento huella<br>de carbono -<br>afectación a<br>corredores<br>faunísticos |
| <b>Eliminar ramas sin<br/>vegetación / árbol<br/>enfermo - árbol<br/>con plaga.</b>                                                                                                                | Falta de nutrición de<br>árboles – vida útil /<br>generación de material<br>vegetal sobrante. | Afectación a la salud<br>del árbol.                                                        | Reducción de<br>biodiversidad -<br>afectación a<br>corredores<br>faunísticos.  |
| <b>Recogida /<br/>afectación a la<br/>salud.</b>                                                                                                                                                   | Manipulación de material<br>sobrante.                                                         | Accidente laboral.                                                                         | Afectación a la<br>salud por mala<br>postura a largo<br>plazo.                 |

**Nota:** en la anterior tabla, se genera un cuestionamiento interno al momento de realizar la actividad de horticultura ornamental e identificar un panorama de problemas, donde se

identifican los macroprocesos de la generación y disposición final de los residuos orgánicos generados por la actividad anteriormente mencionada, buscando general un análisis descriptivo de estos procesos para la identificación de causas y consecuencias basado en una probabilidad establecida. **Fuente:** elaboración propia, basado en el análisis de listas rojas, brindado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (2022).

Teniendo en cuenta el análisis al análisis del panorama de problemas de sostenibilidad ambiental desarrollada para empresas, se identificaron diversos aspectos críticos asociados al proceso de poda y manejo de residuos provenientes de la horticultura ornamental. Destacando el debilitamiento estructural del árbol cuando las intervenciones no se realizan bajo criterios técnicos de poda y manejo de residuos, destacando el debilitamiento estructural del árbol cuando las intervenciones no se realizan bajo criterios técnicos, la generación de material vegetal sobrante, producto de las podas y riesgos asociados a la manipulación y recolección manual de estos residuos por parte de los empleados. Asimismo, se propone identificar riesgos ambientales. Y sociales asociados a las actividades, como la posible afectación del entorno, disminución de biodiversidad en caso de una intervención inadecuada y afectación de corrector fauna. (CECODES, 2025)

En ese contexto, se considera proponer estrategias de gestión sostenible que permitan el mejoramiento del manejo de residuos provenientes de horticultura ornamental, siendo una alternativa viable, consiste en la aplicación de principios de logística inversa, permitiendo gestionar el flujo de materiales desde la generación hasta su recuperación, reutilización o valorización. Contribuyendo a la transformación de residuos en recursos aprovechables, mediante proceso de compost, producción de abono orgánico o generación de material triturado para cobertura de suelos. La implementación de esta propuesta no solo permite generar una reducción

de impactos ambientales derivados de la actividad económica, fortalece el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y economía circular.

#### 6.4. Marco Histórico

Debido al crecimiento de las ciudades, el desarrollo del turismo y asimismo la población flotante aumenta la preocupación por la salud pública y el medio ambiente que han impulsado el surgimiento de personas jurídicas especialistas en servicios de mantenimiento de zonas verdes, manejo de espacios naturales, paisajismos, etc. En ese contexto, Fumigir Ltda. empresa de servicios ubicada en el municipio de Girardot, Cundinamarca. Orientada a la prestación de servicios integrales relacionadas con el saneamiento.

***Figura 13***

*Oficinas principales de Fumigir Ltda.*



**Nota:** en la figura se evidencia la instalación principal de la organización Fumigir Ltda., en donde se encuentran todas sus áreas establecidas, oficinas, inventarios, salas de juntas, entre otros, que permiten la fácil disposición y relación entre las partes estratégicas, tácticas y operativas de la empresa. **Fuente:** propio (2026)

Desde sus inicios, Fumigir Ltda., se ha caracterizado por ofrecer soluciones especializadas de saneamiento ambiental, principalmente en el manejo de resultantes, atendiendo consigo las necesidades de los centros institucionales, conjuntos residentes, edificios de propiedad horizontal, establecimientos comerciales y diferentes organizaciones que requieren mantener sus condiciones de saneamiento adecuadas. Este tipo de servicios se convierten relevantes en ciudades como Girardot y alrededores, donde las condiciones climáticas y el incremento de la población flotante demanda un control permanente de factores que afectan la salud pública.

Con el paso del tiempo, la empresa amplía su portafolio de servicios hacia el mantenimiento de jardines, poda de árboles, manejo de zonas verdes y actividades de mantenimiento ornamental, atendiendo a las necesidades del mercado que buscan un respaldo integral en la gestión y cuidado de sus áreas externas dentro de la malla perimetral. Esta diversificación le permitió a la organización fortalecer su presencia en el sector de servicios ambientales, integrando labores de mantenimiento, paisajismo con prácticas de saneamiento ambiental.

Sin embargo, el desarrollo de estas actividades generó un nuevo reto operativo relacionado con la generación de residuos provenientes de la horticultura ornamental, derivados principalmente de las labores de poda de césped y árboles, las cuales representan las mayores fuentes de volumen de material residual. Estos residuos, compuestos principalmente por ramas, hojas y material orgánico, tradicionalmente han sido considerados desechos que requieren actividades de recolección, transporte y disposición final.

## Figura 14

*Ejecución de poda de árbol.*



**Nota:** en la anterior figura, se puede evidenciar la ejecución de la actividad, realizada por uno de los profesionales en poda de árboles, con los objetos de protección personal, asegurando el bienestar del operador y la adecuada disposición de los residuos. **Fuente:** propia (2026).

Frente a esta problemática, surge la necesidad de replantear el manejo de estos materiales desde una perspectiva más sostenible, orientada al aprovechamiento y valorización de residuos orgánicos generados durante actividades de jardinería también conocida como horticultura ornamental. Generando un enfoque con la posibilidad de implementar estrategias basadas en logística inversa y economía circular, generando una transformar residuos vegetales de recursos útiles como abono orgánico, compost o demás procesos de reaprovechamiento.

## 6.5. Marco legal

**Tabla 5**

*Marco Legal del Proyecto.*

| <b>Norma</b>                     | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Relación</b>                                                                                                                                                                                            | <b>Utilidad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Generales</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Ley 99 de (1993)</b>          | Establece fundamentos de la política ambiental en Colombia, crea el sistema nacional ambiental SINA y organiza las autoridades encargadas de la gestión y control de los recursos naturales. Introduce el principio de desarrollo sostenible como eje de las actividades económicas. | Establece las disposiciones generales para la salud pública, regula actividades que puedan representar riesgo sanitario, incluyendo el uso de plaguicidas para el control integrado de plagas vectoriales. | Establece las bases del marco jurídico general que legitima el reaprovechamiento de residuos orgánicos como estrategia de sostenibilidad y economía circular, siendo base para garantizar el cumplimiento de criterios ambientales, previniendo impactos negativos, articulando con la institucionalidad ambiental vigente. |
| <b>Resolución 698 de (2011)</b>  | Establece los requisitos técnicos y parámetros de calidad para abonos orgánicos                                                                                                                                                                                                      | Regula las características físico químicas y microbiológicas del compost producido                                                                                                                         | Garantiza que el abono derivado de residuos de poda sea seguro, estable y apto para uso                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Decreto 1076 de (2015)</b>    | Reglamentación del sector ambiente en Colombia estableciendo las disposiciones sobre gestión integral de residuos sólidos, prevención de impactos ambientales y competencias de las autoridades ambientales.                                                                         | Regula las actividades de tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos como el proceso de chipeado y reaprovechamiento vegetal                                                                      | Brinda marco legal para estructurar técnicamente el sistema de manejo, asegurando que el proceso de reducción                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Resolución 2184 de (2019)</b> | Establece el código de colores para la separación en fuente de residuos                                                                                                                                                                                                              | Los residuos de poda son clasificados como orgánicos                                                                                                                                                       | Facilita la correcta segregación desde el origen, optimizando la eficiencia del                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 | aprovechables (color verde)                                                                                                                                                                     | sistema de recolección y posterior chipeado para transformación.                                                                                                                                           |
| <b><i>Resolución 0698 de (2011)</i></b>                                           | Establece los requisitos técnicos y de calidad para el registro de bio insumos y bio abonos de uso agrícola obtenidos a partir de residuos orgánicos.                                                           | Regula la producción, importación, formulación, evaluación y control de bio insumos y bio abonos, definiendo parámetros físicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir el compost producido. | Garantiza que el bio abono derivado del manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos sea seguro, eficaz, estable y apto para uso agrícola.                                                               |
| <b><i>Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en Girardot del (2011)</i></b> | Define el plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio, estableciendo diagnósticos, objetivos, metas y programas para la prevención, manejo, aprovechamiento y disposición final de los residuos. | Reconoce los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de zonas verdes como parte del flujo de residuos sólidos.                                                                        | Sirve como marco de referencia local para el diseño del sistema de manejo y aprovechamiento respaldando la implementación de registros, clasificación de biomasa fina y gruesa y procesos de valorización. |

**Nota:** en la anterior tabla se puede identificar diferentes normativas por las cuales el proyecto se sustenta y rige dentro de la ciudad, región, departamento y país. **Fuente:** Elaboración propia (2026).

## 7. Aspectos Metodológicos

Esta investigación, se empleó un enfoque inductivo con una naturaleza mixta, caracterizada como descriptiva propositiva. En métodos descriptivos y propositivos, se emplean capacidades logísticas de reaprovechamiento en procesos de logística inversa. La investigación abordó una problemática de naturaleza mixta, en la cual se recolectó información numérica analizando

estadísticas que expresan su naturaleza cuantitativa (Sampieri, 2014). Asimismo, se empleó el estudio del estado de las debilidades de índole regional del proceso de aprovechamiento actual en la empresa Fumigir Ltda. y el manejo de disposición final por parte del municipio de Girardot Cundinamarca, tomando como referente el PGIRS COMPILADO, bajo el decreto 110 del 26 de mayo del 2020, reflejando su naturaleza cualitativa.

### 7.1. Aspectos Metodológicos

**Tabla 6**

*Metodología y Tipo de Investigación.*

| Fases                                                                                                                                                                                                                                    | Metodología |                                             |                                                                                                        |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                          | Enfoque     | Tipo                                        | Técnica                                                                                                | Instrumento                                                  |
| Caracterizar los procesos, procedimientos y prácticas actuales asociados al manejo de residuos de horticultura ornamental en la empresa Fumigir Ltda.                                                                                    | Cualitativo | Descriptivo no experimental                 | Observación directa de operaciones, entrevista semiestructurada a personal clave, revisión documental. | Flujograma del proceso actual y entrevista a personal clave. |
| Analizar las tendencias, modelos y buenas prácticas relacionadas con el manejo, valorización y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental, a partir de la revisión de literatura científica y bases de datos especializadas. | Cualitativo | Documental de tipo exploratorio descriptivo | Revisión sistemática de literatura, análisis de contenido                                              | Matriz bibliográfica, ecuación de búsqueda                   |

|                                                                                                                                                                                                                                  |       |             |                                                                                     |                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diseñar estrategias y lineamientos operativos basados en la logística inversa que permitan mejorar el manejo, recuperación y aprovechamiento de los residuos generados en los procesos de horticultura ornamental de la empresa. | Mixto | Propositiva | Mesa de trabajo con actores internos, validación de alternativas, análisis de flujo | Formato de valoración de escala Likert, diagrama de procesos, priorización de estrategias |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|

**Nota:** en la anterior tabla se identifican las fases del proyecto, que enfoque tienen, que tipo de investigación se realizó, que técnica se utilizó para el levantamiento de la información y con que herramienta documental fue realizada. **Fuente:** elaboración propia (2026).

## 7.2. Proceso Metodológico

La información y referencias empleadas para el desarrollo del proyecto de investigación se emplearán fuentes de índole secundario compuestas principalmente por base de datos de Scopus.

**Tabla 7**

*Recolección de Información en Fuentes Bibliográficas.*

| <b>Consolidación de Información</b> |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>Tipo</b>                         | <b>Cantidad</b> |
| Article                             | 110             |
| Review                              | 89              |
| Book chapter                        | 40              |
| Conference paper                    | 4               |
| Book                                | 2               |

**Nota:** en la anterior tabla se puede identificar las fuentes bibliográficas, que tipo y cuantas fueron usadas al momento de generar una selección de documentos en específicos relacionados al tema, para la generación de la vigilancia tecnológica. **Fuente:** elaboración propia (2026).

## **8. Desarrollo de la Investigación**

### **8.1. Caracterización del Sistema Actual de Aprovechamiento de Residuos**

Como bien se aclaró en el marco contextual, la situación actual de Fumigir Ltda., con respecto a la disposición final de los recursos orgánicos y vegetales, generados por la actividad de horticultura ornamental, no era realizada por la organización, ya que, por una parte, era una inversión alta al momento de adquirir el lugar donde se ubicarían estos residuos, la maquina chipeadora que se encargaría de triturar para minimizar su volumen y transporte. Por lo cual, al momento de identificar este proceso de destinación final de este recurso que es aprovechable para la creación de compost orgánico, a partir de la fermentación con otros residuos orgánicos que permiten que ciertos gases de descomposición naturalmente generados, que influyen en su método de almacenaje y temperatura al cual se deben enfrentar, generando, alrededor de 35 a 40 días, el producto generado por una reutilización de residuos, en palabras logísticas, una creación de valor por actividad improductiva no vista para Fumigir Ltda.

Identificando este valor agregado a la empresa Fumigir Ltda., se procedió a generar un levantamiento de información, generado por una serie de preguntas al personal encargado de la planeación y ejecución de la actividad en la organización objetivo, permitiendo asimilar el impacto de esta actividad dentro de Fumigir Ltda. Participaron dos actores que intervienen en la ejecución de la actividad, el coordinador de alturas y el director de operaciones, que son las personas con conocimiento de la actividad y la ejecución de esta actividad.

Se realizó la encuesta dividida en varias fases, donde en la primera parte se tuvo en cuenta su tiempo en el cargo, como se maneja el procedimiento de manejo de residuos de poda y jardinería en la empresa, herramientas de identificación para el manejo de residuos, según su conocimiento y lo aprendido, que tan importante es la logística verde y la economía circular en las decisiones operativas y las acciones específicas para aprovechar los residuos; esta fase, permitió identificar ciertos puntos críticos que permiten entender, como se llevaba el proceso de poda y jardinería sin identificar factores de generación de valor en resultados de una actividad que no trasciende hacia la necesidad de generar un aporte socio ecológico y de impacto en la región, además de que, no se identifica una documentación adecuada de cómo se debe disponer los residuos, si no, ya teniendo un conocimiento disponible generado por la experiencia, se procede a seguir el hilo conductual, sin documentar estos procesos para identificar factores de mejoramiento y caracterización de nuevos ciclos productivos.

Ya luego de haber identificado como se encuentra el personal con el reconocimiento y el impacto de la generación de conocimiento e implementación de nuevas redes de valor, se procedió al análisis de cómo se encuentra estructurado este proceso, definiendo las zonas de generación de residuos, rutas internas y puntos de acceso, medios de transporte interno adecuados y el control de volumen de residuos de poda generados; se puede establecer qué, el personal disponible para la ejecución de la actividad determina puntualmente las áreas de generación de residuos, sus rutas internas, las condiciones actuales de los equipos que se emplean para transportar internamente los residuos, pero, al momento de estimar el control del volumen de los residuos, el coordinador de alturas identifica el proceso como *“Los días sábado se programa una volqueta que recoge los residuos de poda del acopio, en promedio realiza 2 a 3 viajes”*, mientras que el director de operaciones afirma que no se lleva un control, razón por la cual es una de las razones por las cuales,

este proceso residual no tenía relevancia al momento de identificarlo como generador de valor y conciencia ambiental.

En la tercera fase de la entrevista se profundizó en las prácticas de separación en la fuente, la forma en que se ejecutan las rutas internas y el control sobre el traslado de los residuos desde el punto de generación hasta el área de acopio, así como en las condiciones de dicho acopio y aspectos de seguridad asociados a la actividad de horticultura ornamental. A partir de las respuestas dadas, se observó que, si bien existe una rutina operativa que contempla la programación de podas, el uso de equipo como tractores y la disposición en un punto central, la separación de los materiales no se realiza de manera consistente y, en varios casos, se mezcla la biomasa vegetal con otros tipos de residuos, lo que diluye la posibilidad de un aprovechamiento posterior. Esta situación refleja que las decisiones diarias se orientan más a garantizar la continuidad del servicio que a consolidar una práctica sistemática de logística inversa, ya que no se cuenta con registros formales de recorridos, cantidades trasladadas ni parámetros de control en el acopio que permitan evaluar el desempeño del sistema. En términos de seguridad, los entrevistados señalan la existencia de procedimientos de trabajo seguro y el uso de elementos de protección personal para poda en alturas y manejo de herramientas; sin embargo, persisten vacíos en la documentación específica asociada al manejo de residuos y la junta entre los protocolos de seguridad y los objetivos de sostenibilidad del proyecto, permitiendo concluir que el proceso actual se encuentra en un nivel operativo básico, sustentado en la experiencia del personal, pero aun distante de un esquema estructurado que integre de forma explícita la separación, trazabilidad y valorización de los residuos de horticultura ornamental.

En la cuarta fase, las preguntas se orientaron a comprender con mayor detalle cómo se gestiona la separación del material vegetal en las zonas de trabajo, la frecuencia con la que se

presentan mezclas con residuos ordinarios o peligrosos y los planes de acción que se activan cuando esta situación ocurre. A partir de las respuestas, se evidencia que la separación entre ramas, troncos, hojas y césped todavía no se consolida como una práctica sistemática, sino más bien como una acción que depende de la interpretación y del ritmo de trabajo del personal operativo. Esto se refleja en la percepción de que, en algunos casos, las mezclas de residuos se presentan de manera ocasional o frecuente, lo que limita la posibilidad de canalizar estos materiales hacia procesos de aprovechamiento como el chipeado o el compostaje. Cuando se indaga por las medidas correctivas, se mencionan principalmente inspecciones periódicas y refuerzos de capacitación, lo que confirma que, aunque existe una intención de mejora, aun no se cuenta con un esquema de control que vincule la separación en la fuente con metas concretas de reducción de residuos enviados a disposición final.

En la quinta fase, el enfoque se trasladó hacia las condiciones físicas y operativas del área de acopio de residuos de poda, incluyendo aspectos como delimitación, señalización, estado del piso, drenaje y seguridad, así como la existencia de registros que puedan soportar futuras auditorías internas o externas. Las respuestas muestran que el acopio cumple parcialmente con los requisitos esperados: se reconoce un espacio destinado para almacenar temporalmente la biomasa, pero no siempre se encuentra claramente demarcado ni cuenta con elementos que faciliten la organización del material según su tipología. Esta situación se asocia con la ausencia de formatos o registros sobre las cantidades recibidas, los tiempos de permanencia y la entrega de excedentes a terceros, lo que dificulta reconstruir el flujo completo de los residuos y demostrar, con evidencia objetiva, el grado de cumplimiento del PGIRS y de la normativa ambiental, de esta manera, el acopio opera como un punto de tránsito necesario para la operación diaria pero aun como no un nodo estratégico dentro de un sistema de logística inversa orientado al aprovechamiento.

Finalmente, en la sexta fase, se abordaron aspectos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo y con el nivel de alineación percibido entre las practicas actuales y los lineamientos normativos en materia de gestión de residuos de horticultura ornamental. Los entrevistados coinciden en que la empresa dispone de procedimientos específicos para actividades de poda en alturas y uso de herramientas cortantes, así como de elementos de protección personal que consideran adecuados para las labores que se realizan. No obstante, al momento de valorar el cumplimiento del PGIRS y de la normativa ambiental, las respuestas dirigen a un desempeño que solo alcanza un nivel de “cumplir parcialmente”, lo que confirma la presencia de brechas entre lo que se ejecuta en el campo y lo que se esperaría de un sistema formal de manejo y aprovechamiento de residuos. Además, se señala que los registros asociados a auditorias y a la entrega de residuos a terceros no se llevan de manera estructurada, lo que limita la capacidad de Fumigir Ltda., para demostrar trazabilidad y mejora continua frente a entes de control y frente a sus propios compromisos de sostenibilidad.

Gracias a la identificación de los procesos que interviene, por lo tanto, para poder llegar a este proceso final se deben tener en cuenta los subprocesos que intervienen antes de la actividad de horticultura ornamental y luego de obtener sus residuos lignocelulósicos.

**Figura 15**

*Flujograma de poda de árbol.*



**Nota:** en la anterior figura se puede identificar los procesos, procedimientos y pasos a seguir al momento de solicitar una orden de poda de árbol, donde interviene la empresa prestadora de servicio, la empresa contratante y la autoridad competente que vele por la ejecución, disposición, aprovechamiento de los residuos y el sembrado de una especie

semejante o diferente que permita un ciclo de beneficio al ambiente. **Fuente:** elaboración propia (2026).

El proceso estratégico para la gestión de servicio de horticultura ornamental se estructura bajo una cadena de suministro de servicios que demanda una sincronización técnica entre los inputs normativos y la ejecución operativa en campo con el fin de garantizar un output sostenible que se alinee con los objetivos del sistema. Todo inicia formalmente con la identificación de la necesidad de poda fundamentada en criterios de seguridad, realce o formación, lo cual actúa como el detonante principal para la orden de generación de la solicitud del servicio hacia un proveedor especializado como lo es Fumigir Ltda. En esta fase temprana, resulta exigente validar la urgencia de la intervención frente a riesgos inminentes por caída o afectaciones estructurales, asegurando que el proceso sea completamente válido y se encuentre regido por los entes veladores de las buenas practicas ambientales para garantizar un retorno ecológico efectivo. La toma de decisiones en este eslabón primario se basa en premisas críticas tales como la seguridad de los actores directos e indirectos, la existencia de proyectos de construcción en el área de influencia y la formación extensa de sistemas radicales o tallos que puedan comprometer la estabilidad del entorno operativo.

Una vez establecida la necesidad técnica, el flujo avanza hacia la verificación exhaustiva de las condiciones del área y servicios, lo cual representa una ventaja competitiva de alto valor frente a otros actores del mercado regional al contar con conceptos sanitarios favorables en los departamentos de Cundinamarca y Tolima. No obstante, la operatividad del sistema se encuentra sujeta a restricciones legales ineludibles, donde el permiso de aprovechamiento forestal corresponde única y exclusivamente a los individuos arbóreos inventariados en el informe técnico inicial, prohibiendo de manera incisiva cualquier intervención fuera del inventario base brindado.

Este permiso posee una vigencia estricta de 30 días calendario, lo cual impone una presión logística constante sobre el cronograma de actividades para evitar el vencimiento de los términos legales otorgados por la autoridad ambiental competente. Dentro de la gestión de suministros, se autoriza que el material vegetal resultante sea comercializado o transportado en la red logística nacional siempre que se gestionen los salvoconductos de movilización pertinentes, evitando así cualquier actividad de extracción no autorizada. La ejecución demanda el uso de herramientas y técnicas de corte precisas para mitigar daños colaterales a los recursos naturales renovables, apoyándose en personal idóneo que reduzca el riesgo de conflictos con los grupos de interés o vecinos del área de intervención.

El tratamiento de los desperdicios orgánicos generados durante el aprovechamiento forestal constituye un pilar fundamental de la logística inversa, donde se debe ejecutar un proceso de repique para esparcir el material de forma equitativa y acelerar su degradación e incorporación al suelo, manteniendo una prohibición absoluta sobre las quemas de residuos. Este manejo integral busca controlar de forma preventiva la proliferación de enfermedades, incendios y contaminación de cuerpos de agua, alineándose estrictamente con el Plan de Reposición Forestal basado en la Resolución DGEN No. 20257000284 de 2025, donde dicha normativa establece que el beneficiario debe ejecutar medidas de compensación mediante la siembra de especies nativas o adaptadas, tales como el Acacio rojo, Samán, Guayacán u Ocobo, en un periodo que no supere los seis meses tras la notificación administrativa. La logística de esta compensación exige ubicar las nuevas plantas en zonas de ronda hídrica o corredores biológicos dentro de la Dirección Regional Alto Magdalena, garantizando un mantenimiento y seguimiento técnico durante tres años para asegurar un porcentaje de mortalidad inferior al 10%. Este marco de responsabilidad se extiende al cliente bajo

la Ley 1523 del 2012, donde la gestión del riesgo es una tarea compartida que exige precaución, solidaridad y autoprotección dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

En el núcleo del flujograma se presenta un nodo de decisión probabilístico sobre la existencia del concepto técnico para el permiso de aprovechamiento, lo cual determina dos rutas críticas para la gestión documental y el flujo de información. En el escenario de una respuesta negativa por parte de la autoridad, se activa un protocolo de regularización que inicia con la solicitud de una visita de valoración técnica para evaluar *in situ* las condiciones del terreno y el impacto socioambiental de la actividad propuesta. Este proceso de validación busca la mejora continua de las prácticas regionales mediante una carta de solicitud formal para obtener la valoración de la autoridad competente sobre la viabilidad de la poda y la resiembra. Al generarse el radicado de respuesta, la organización inicia formalmente el análisis de la actividad, enviando a la entidad el inventario de equipo, maquinaria y materiales que ingresarán al proceso productivo. Esta ruta culmina con un informe de visita técnica que georreferencia el recorrido y evalúa variables de acceso y documentación, mientras que, en la ruta afirmativa, el flujo se agiliza hacia una inspección directa por la empresa de jardinería para identificar los factores de riesgo sin afectar la operatividad diaria del sitio de servicio.

Definido el tipo de intervención estratégica, ya sea poda de realce o tala total, la logística se enfoca en la preparación del entorno y la asignación de recursos especializados para minimizar impactos negativos en el ecosistema. Se procede a generar un análisis de riesgo detallado para el trabajo seguro en alturas, identificando peligros por proximidad a redes eléctricas y estructuras adyacentes, lo que permite establecer métodos de acceso seguros, puntos de anclaje y procedimiento de emergencia para el personal operativo. El alistamiento de los elementos de protección personal y herramientas técnicas como arneses, eslingas y motosierras es verificado

rigurosamente antes de iniciar la labor física en el sitio de operaciones. Posteriormente, la delimitación y señalización del área de trabajo mediante cintas, conos y vallas preventivas garantiza una zona de exclusión segura para trabajadores y terceros, controlando el tránsito interno y externo durante la ejecución directa de la poda. Durante esta fase táctica, se supervisan constantemente los puntos de apoyo y la dirección de caída de las ramas para evitar daños a la infraestructura crítica y asegurar la calidad técnica del servicio prestado.

La etapa final del ciclo operativo comprende la recolección sistemática de los residuos vegetales generados, agrupando ramas, troncos y hojas en puntos estratégicos para mantener el orden, la limpieza y la fluidez del área de trabajo. El traslado interno de estos materiales hacia un acopio temporal se realiza mediante medios manuales o mecánicos, asegurando que el flujo logístico de los residuos no interfiera con las actividades normales del cliente ni genere cuellos de botella operativos. El cierre definitivo de la cadena de suministro se produce con la intervención de un proveedor externo en modalidad de outsourcing, encargado de la recogida y transporte de los residuos hacia los sitios de disposición final o aprovechamiento aprobados por la autoridad ambiental.

Más allá de un registro administrativo, la trazabilidad documental permite transformar un flujo de residuos tradicionalmente considerado como un output improductivo y sin valor agregado en el nacimiento formal de una nueva cadena de valor, ya que, al registrar con precisión variables como la georreferenciación, el volumen de la biomasa recolectada y las técnicas de repique aplicadas, se sientan las bases para una cadena productiva secundaria donde los residuos verdes dejan de ser un pasivo logístico, para convertirse en una materia prima con alto potencial de aprovechamiento, garantizando que el sistema no solo resuelva una necesidad de seguridad inmediata, sino que funcione como el motor de una economía circular capaz de reintegrar recursos

al ciclo económico asegurando que lo que antes se gestionaba como un residuo final, se consolide como un insumo estratégico dentro de un modelo de negocio sostenible y de alto impacto regional.

## **8.2. Análisis de Tendencias, Modelos y Buenas Practicas**

Este proyecto de investigación obedece a una revisión sistémica de estrategias de aprovechamiento de horticultura ornamental, extraída de los artículos publicados en la base de datos Scopus relacionados con el objeto de estudio. En primera instancia se generó una ecuación de búsqueda con el fin de filtrar la información en la base de datos Scopus, se generó un análisis cuantitativo a la recolección de 245 documentos de referencia entre los años 2020 – 2025, teniendo como punto de partida un artículo que integre los temas principales de investigación enfocados a los procesos logísticos de retorno. Del 100% equivalente a 245 documentos, la producción investigativa se concentra principalmente en dos tipos de publicaciones, artículos científicos representando el 44,9% (110 documentos) y revisiones de literatura representando 36,3% (89 documentos) teniendo en cuenta eso, representando el 81,2% de la producción evidenciando que la comunidad académica genera investigaciones originales y con una síntesis de conocimiento en el área temática. Por otro lado, se evidencian los capítulos de libro representando el 16,3% (40 documentos) sugiriendo que el tema ha sido abordado de manera complementaria. Por su parte, los artículos de conferencia cuentan con participación de 4 documentos representando el 1,6% y libros tienen una participación de 2 documentos representando el 0,8% de los documentos. Los indicadores bibliométricos que se revisaron fueron, dinámica de publicaciones, países, autores, revistas y temas generales más citados.

**Tabla 8**

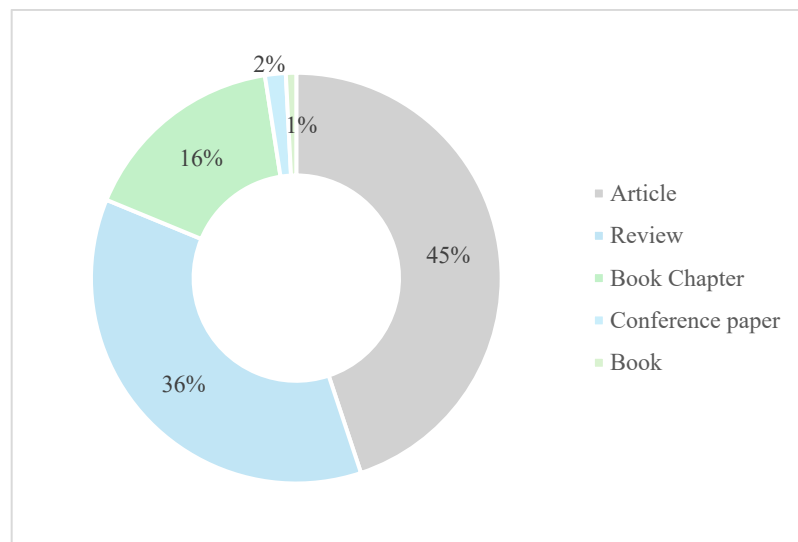
*Ecuación de Búsqueda en Scopus.*

| Ecuación de Búsqueda en Scopus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ( TITLE-ABS-KEY ( "reverse logistics" OR "circular economy" OR "closed-loop supply chain" ) AND ALL ( "horticulture" OR "ornamental plants" OR "floriculture" OR "agriculture" ) AND ALL ( "waste management" OR "waste valorization" OR "organic waste" OR "biomass" OR "resource recovery" ) AND TITLE-ABS-KEY ( waste ) AND TITLE-ABS-KEY ( lignocellulosic ) ) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENER" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOCI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATE" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "IMMU" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATH" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NEUR" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PSYC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "VETE" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NURS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MULT" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "EART" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ECON" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CHEM" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CENG" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DECI" ) ) |

**Nota:** en la anterior tabla se puede identificar la ecuación de búsqueda de la página Scopus para la búsqueda y análisis de los resultados arrojados por esta plataforma. **Fuente:** elaboración propia (2026).

**Figura 16**

*Documentos por tipo de publicación.*



**Nota:** la anterior figura se puede evidenciar a través de un gráfico circular los diferentes documentos que fueron identificados para el análisis y la identificación de estrategias de reaprovechamiento de residuos por la actividad de horticultura ornamental y su resultado como lignocelulósicos. **Fuente:** elaboración propia con base en datos Scopus (2026).

De igual manera, los documentos revisados están organizados, principalmente según su año de publicación, así como los respectivos títulos de cada uno, su(s) autor(es), revista que lo publica, país principal donde fue escrito el artículo, número de veces en que fue citado por otras personas y el tema general<sup>1</sup>. Este último ítem expuesto dentro del resumen bibliográfico permite comprender de manera previa y general los temas tratados en cada uno de los artículos donde algunos de estos están relacionados entre sí, reflejando una incidencia, profundización y complemento en los principales temas de investigación.

---

<sup>1</sup> Ver anexo 1.

Principalmente con el ultimo ítem expuesto permite entender que los artículos tienen una mayor correlación en torno a la convergencia entre las palabras clave; por lo cual dentro de los temas abordados se observa con una mayor ocurrencia, waste (156), biomass (60), circular economy (32), waste valorization (10), waste management (4), agriculture (4), organic waste (1)

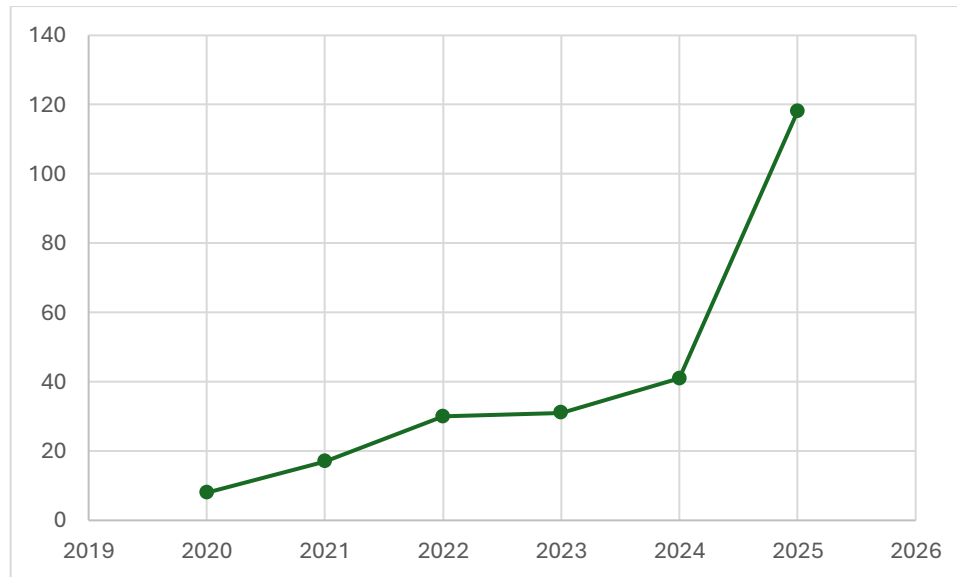
Dentro de la investigación sistémica de literatura se evidencia que los temas referenciados sobre estrategias de aprovechamiento de horticultura ornamental, se observa una dinámica de crecimiento sostenido en el número de publicaciones, con un cambio muy marcado en la pendiente al final del periodo. En el año 2020 se registran un total de 8 publicaciones, en el año 2021 la cifra asciende a 17 y en el año 2022 llega a 30, evidenciando una fase de expansión gradual. Para el año 2023 el aumento es más moderado con 31 publicaciones, pero para el año 2024 se incrementa la producción de publicaciones alcanzando los 41 documentos. El comportamiento cambia de forma drástica para el año 2025, en donde se evidencia el pico más alto de publicaciones alcanzando un total de 118 documentos, triplicando el volumen del año anterior y superando ampliamente los incrementos observados en el periodo. En ese sentido, se sugiere la presencia de factores habilitadores específicos, como una mayor financiación, consolidación de grupos de investigación, nuevas políticas institucionales de publicación o la inclusión de revistas en la base de datos.

A partir de la revisión sistemática, se identifican las publicaciones con mayor interacción y se realiza la selección de ejemplos significativos dentro de la temática, para ello se destaca “conversion of lignocellulosic biomass waste into mycoprotein : current status and future directions for suitable protein production” 2025, 13 citas, siendo el artículo más citado evidenciando como los residuos de lignocelulósicos agrícolas se convierten en micro proteína, integrando economía circular, gestión de residuos y producción sostenible de alimentos. “N-P co-doped hierarchically porous biochar from walnut shells: enhanced methylene blue adsorption and

mechanistic insights” 2025, con 13 citas. Propone una ruta de valorización de residuos de cascara de nuez en bio-carbones avanzados para tratamiento de aguas, alineado con economía circular y recuperación de residuos.

### ***Figura 17***

*Dinámica de publicaciones.*



**Nota:** en la anterior figura, se puede evidenciar una tendencia a la publicación de documentos, donde se puede ver que, en los últimos 5 años, ha habido una tendencia a la investigación de los residuos por actividades relacionadas a la horticultura ornamental y al resultado de residuos lignocelulósicos. **Fuente:** elaboración propia con base en datos Scopus (2026).

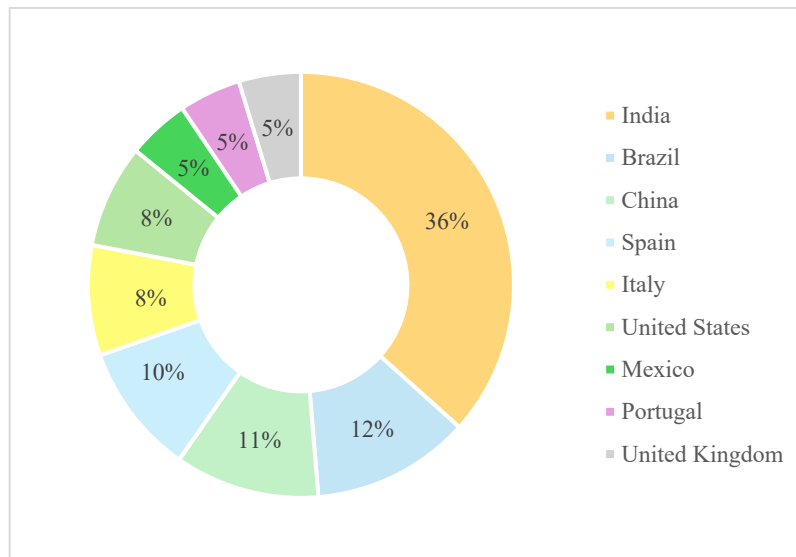
El análisis evidencia una distribución porcentual según el país, evidenciando una fuerte concentración geográfica del liderazgo científico. India se destaca con un 36% (70 publicaciones) del total de contribuciones, indicando una posición predominante en la producción académica sobre el tema analizado, teniendo una alta densidad de grupos de investigación, políticas de fomento a la publicación internacional y fuerte relación con las prioridades productivas y

ambientales del país. Por otro lado, se encuentra Brasil 12% (23 publicaciones) y china 11% (21 publicaciones) con porcentajes menores en comparación a india, impulsan la agenda de investigación. Su peso relativo indica que la temática está siendo apropiada por economías de grandes sectores agroindustriales, donde los problemas de residuos y uso eficiente de recursos especialmente de críticos. Por otro lado, España 10% (19 publicaciones) Italia 8% (16 publicaciones) y Estados unidos 8% (15 publicaciones). Evidenciando que la Unión Europea y Norte América aportan de manera importante enfoques más centrados en innovación tecnológica, políticas de economía circular y marcos regulatorios.

Finalmente, Mexico, Portugal y Reino Unido, presentando cada uno 5% cada uno con 9 publicaciones, configurando un grupo de países con una contribución relevante, aunque más acotada, que refuerza la idea de una red internacional de cooperación, pero con diferentes grados de intensidad. La suma de estos porcentajes evidencia una distribución desigual, en la que pocos países concentran la mayor parte del conocimiento publicado, lo que genera sesgos regionales en enfoques, tipos de cultivos estudiados o modelos de gestión de residuos analizados.

**Figura 18**

*Principales del autor (es)*



**Nota:** en la anterior figura, se puede evidenciar una grafico circular que permite identificar los países interesados y que generaron documentos en el periodo de 5 años (2020-2025), donde se evidencia que los países primermundistas destacan por la necesidad de identificar fuentes de economía circular para beneficiar a la actividad de la organización e identificar mejoras para el ambiente. **Fuente:** elaboración propia con base en datos Scopus (2026).

Se evidencia una producción científica derivada de la ecuación de búsqueda, concentrada principalmente en núcleo asociado a sostenibilidad ambiental, energía y bioeconomía, lo que confirma el carácter interdisciplinar del campo. En primera instancia Environmental Science concentra el mayor porcentaje de documentos 16,9% (105 publicaciones) En primera instancia Environmental Science concentra el mayor porcentaje de documentos 16,9% (105 publicaciones) reflejando que los estudios se orientan a evaluar impactos ambientales, mitigación de contaminación, gestión de residuos y aportes a la economía circular desde una perspectiva ecosistémica. Indicando que el aprovechamiento de residuos hortícolas, florícolas y agrícolas se

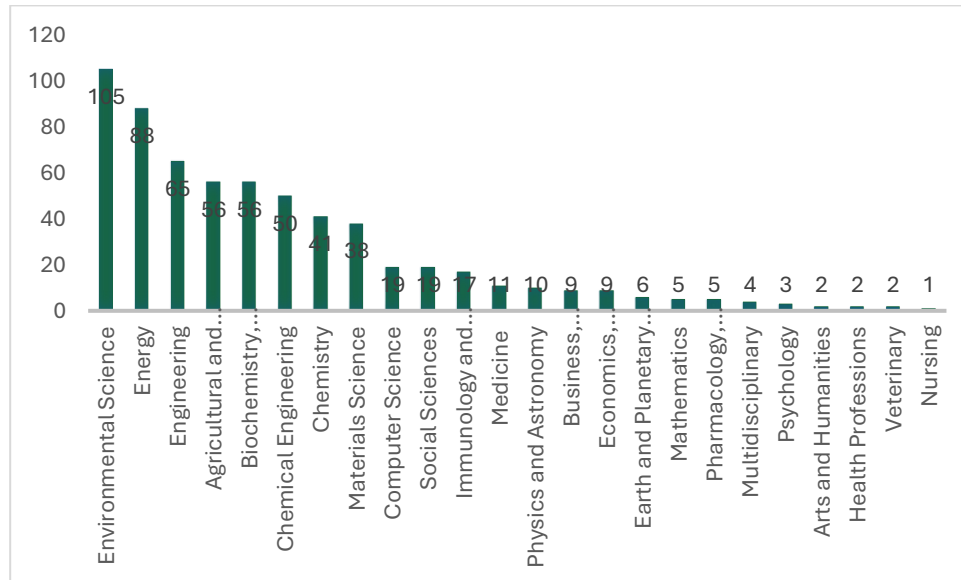
concibe, ante todo, como estrategia para reducir presiones ambientales y avanzar hacia modelos de producción sostenible.

Por otro lado, el área Energy aportando el 14,1% (88 publicaciones) “Engineering” con un 10,4% (65 publicaciones) evidenciando una fuerte orientación hacia conversión de residuos de líneas energéticas tal como el bioetanol, bio carbón, biodiesel, etc. Y hacia el diseño de procesos y tecnologías de transformación. Contribuyendo a abordar cuestiones como eficiencia energética, mejoramiento de procesos de digestión anaerobia o gasificación y evaluación de viabilidad técnico-económica de sistemas de bioenergía basados en biomasa residual. Las áreas de “Agricultural and Biological Sciences y Biochemistry”, “Genetics and Molecular Biology” cada una con alrededor de 9% de documentos (56 publicaciones) proporcionando la base científico-técnica para entender la naturaleza de la biomasa y procesos de valorización. Ubicando estudios sobre composición lignocelulósica, rutas metabólicas de microorganismos, mejoramiento de enzimas y fermentaciones, así como análisis de rendimiento de cultivos y generación de residuos.

Por otra parte, “Chemical Engineering” 8% (50 publicaciones) “Chemistry” 6,6% (41 publicaciones) y “Materials Science” 6,1% (38 publicaciones) complementan el panorama al enfocarse en diseño de reactores, rutas de síntesis, catalizadores y nuevos materiales derivados de residuos agrícolas, tal como bioplásticos, adsorbentes avanzados o materiales de construcción ecológico. Finalmente, aunque con porcentajes menores, la presencia de “Computer Science”, “Social Sciences” y conjunto de áreas agrupadas denominadas en “Other” 13,8%, sugiere una apertura hacia enfoques de modelación, análisis de datos, evaluación de políticas públicas y estudios socioeconómicos.

**Figura 19**

*Principales áreas temáticas.*



**Nota:** en la anterior figura se puede evidenciar la tendencia de las áreas temáticas de las cuales abordan o toman el tema como principal investigación dentro de sus palabras clave como residuos lignocelulósicos en sus ramas, evidenciando que la proyección e innovación no solo va dirigida hacia el área logística-ambiental, si no a muchas otras, siendo una investigación de tendencias integral. **Fuente:** elaboración propia a base de Scopus (2026).

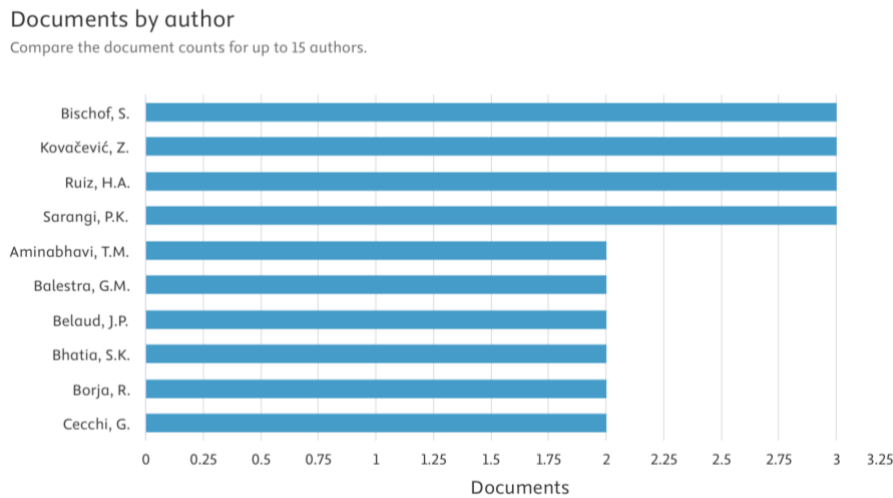
Se evidencia un grupo reducido de autores que concentran la mayor producción investigativa de la temática de logística inversa, economía circular, cadena de suministro de ciclo cerrado y demás áreas afines. En primera instancia encontramos la participación de Bischof, S; Kovačević, Z; Ruiz, H. A; Sarangi, P.K; cada uno con un total de 3 documentos producidos generándoles un posicionamiento como investigadores más activos dentro de esta temática.

Por su parte, Ruiz, H. A; se enfoca en el aprovechamiento de la biomasa lignocelulósica y residuos agroindustriales, proponiendo estrategias de biorrefinerías que permitan transformar los

desechos en productos de valor agregado mediante procesos biotecnológico. Sarangi, P.K; bajo una línea investigativa similar, indaga la conversión de residuos orgánicos y biomasa en biocombustibles y bioproductos, contribuyendo al desarrollo de modelos circulares aplicados al sector agrícola. Adicionalmente, encontramos a Aminabhavi, T.M; Balestra, G.M.; Belaud, J.P.; Bhatia, S.K; Borja, R y Cecchi, cada uno cuenta con dos (2) publicaciones. Aminabhavi, T.M y Bhatia, S.K; orientan sus investigaciones hacia la gestión y tratamiento de residuos mediante tecnologías avanzadas, evaluando el impacto ambiental que generan los desechos y como mediante los modelos sistemáticos de toma de decisiones se puede fortalecer el proceso de recuperación y gestión sostenible. Balestra, G.M.; se centra en estudios de relación entre la agricultura, floricultura y gestión de residuos orgánicos, proponiendo alternativas para la reutilización de subproductos en el sector hortícola. Belaud, J.P.; aborda la integración de herramientas de apoyo a la toma de decisiones en cadenas de suministro de ciclo cerrado, analizando que la información debe ser integral con los procesos para fortalecer la planificación logística. Para Borja, R y Cecchi, sus contribuciones en el tratamiento anaeróbico de residuos orgánicos y gestión de biomasa, explorando como estos procesos pueden optimizarse dentro de esquemas de economía circular para reducir el impacto ambiental y generar recursos renovables.

## Figura 20

Principales autores según número de documentos publicados.



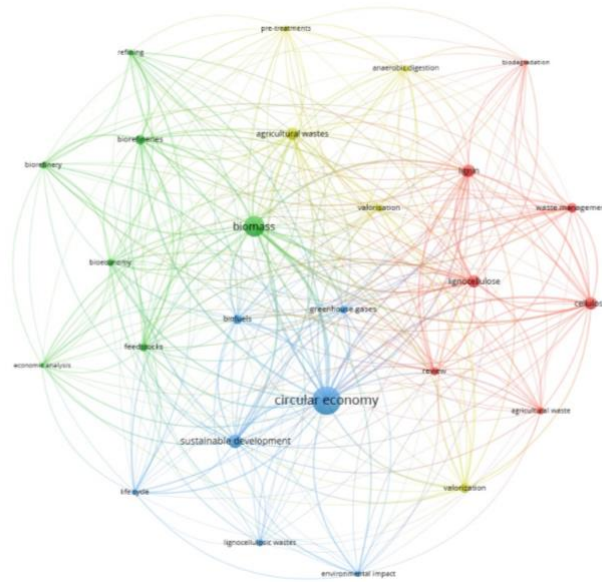
**Nota:** en la anterior figura se presenta el número de documentos publicados por los autores y territorio con mayor producción en la temática analizada, permitiendo identificar aquellos investigadores que más han aportado al campo durante el periodo de estudio. **Fuente:** elaboración propia con base en datos de Scopus (2026).

Para generar el planteamiento de la oportunidad de la propuesta de aprovechamiento de material vegetal, se emplea el uso de la herramienta VOSviewer, para examinar un tema de interés, que permite darle solución la segunda fase metodológica es generar el *análisis de modelos, tendencias y buenas prácticas, se genera una revisión teórica y documental de artículos científicos por Science Direct sobre los diferentes enfoques relacionados con la gestión de residuos orgánicos, logística inversa, y economía circular aplicada al sector de la jardinería también denominada horticultura ornamental, identificación de modelos de gestión de residuos de horticultura ornamental, estudio de casos de aplicación de logística inversa en empresas del sector de jardinería y asimismo la identificación de buenas prácticas aplicables al contexto demográfico de la empresa.*

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se generó de manera inicial un mapa de coocurrencia, en donde se visualiza a la economía circular como el foco principal de la investigación.

**Figura 21**

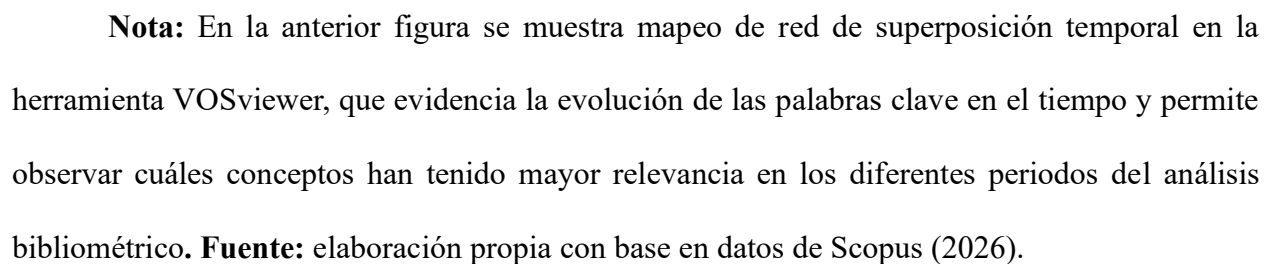
*Mapeo de red de coocurrencia en la herramienta VOSviewer*



**Nota:** en la anterior figura se presenta un mapeo de red de coocurrencia de palabras clave, generado en la herramienta VOSviewer, el cual permite identificar los principales términos relacionados con la economía circular y la forma en que se agrupan en distintos clústeres temáticos dentro de la producción científica analizada. **Fuente:** elaboración propia con base en datos de Scopus (2026).

Posteriormente, se emplea la búsqueda en la red de super – posición temporal, en donde se evidencia que los temas más cercanos a la economía circular, adicionalmente se tiene en cuenta con el periodo de publicación. Lo que nos indica que la mejor temática que cumple con las características de cercanía y temporalidad es “lignocellulose”.

*Mapeo de red de superposición temporal en herramienta VOSviewer.*



66

A partir de esta búsqueda se consolidó un cuadro comparativo de artículos seleccionados en el cual se clasifican los estudios según el tipo de residuo analizado, su enfoque principal, método o herramienta aplicada, su relación con la logística inversa y economía circular. Esta síntesis evidencia que los residuos de horticultura, jardinería y demás residuos de lignocelulósicos pueden integrarse en cadenas de valor circulares mediante estrategias de valorización química y logística, respaldando la pertinencia de proponer una propuesta de sistema de manejo y aprovechamiento para Fumigir Ltda., en la siguiente tabla se evidencia un cuadro comparativo de artículos que sirve como insumo directo para el diseño de la propuesta de manejo.

**Tabla 9**

*Identificación de principales factores al momento de generar la vigilancia tecnológica y el resultado.*

| Area                  |           | PROCESOS LOGISTICOS DE RETORNO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Focos de</b>       | <b>de</b> | Estrategias de aprovechamiento de horticultura ornamental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>vigilancia</b>     |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Palabras clave</b> |           | Reverse logistics, circular economy, closed-loop supply chain, horticulture, ornamental plants, floriculture, agriculture, waste management, waste valorization, organic waste, biomass, resource recovery, lignocellulosic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Ecuaciones de</b>  | <b>de</b> | ( TITLE-ABS-KEY ( "reverse logistics" OR "circular economy" OR "closed-loop supply chain" ) AND ALL ( "horticulture" OR "ornamental plants" OR "floriculture" OR "agriculture" ) AND ALL ( "waste management" OR "waste valorization" OR "organic waste" OR "biomass" OR "resource recovery" ) AND TITLE-ABS-KEY ( waste ) AND TITLE-ABS-KEY ( lignocellulosic ) ) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENER" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOCI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATE" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA |
| <b>búsqueda</b>       |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | , "IMMU" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATH" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NEUR" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PSYC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "VETE" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NURS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MULT" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "EART" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ECON" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CHEM" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CENG" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DECI" ) ) |
| <b>Resultados</b> | 245                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Nota:** la anterior tabla se puede identificar los focos de vigilancia, las palabras clave del análisis de los documentos escogidos para realizar la vigilancia tecnológica, la ecuación de búsqueda usada y los resultados arrojados por el análisis de este enfoque. **Fuente:** elaboración propia (2026).

### **8.3. Diseño de Sistema de Manejo y Aprovechamiento de Residuos de Horticultura Ornamental**

Se propone un sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental para la empresa Fumigir Ltda., basado en los principios de la logística inversa y economía circular, el propósito central se fundamenta en transformar los residuos vegetales generados en las actividades de poda de árboles, corte de césped y mantenimiento de zonas verdes en insumos de valor agregado, reduciendo significativamente el volumen de material para disposición final. El sistema procura integrar una propuesta de sistema de procesos, procedimientos y recursos que permitan el manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura

ornamental a partir de la logística inversa para la empresa Fumigir Ltda., bajo los principios de logística inversa y económica circular, buscando transformar los residuos vegetales en insumos de valor agregado, reduciendo la dependencia de disponer estos en el relleno sanitario privado “Praderas del Magdalena”, contribuyendo al cumplimiento de los lineamientos ambientales vigentes a nivel nacional, departamental y municipal. Teniendo como alcance las actividades comprendidas clasificadas bajo el Código CIUU 8130 asociado a la plantación, mantenimiento y poda de jardines, zonas verdes y arbolado urbano atendido por la empresa Fumigir Ltda. Ubicada en la ciudad de Girardot, Cundinamarca, incluyendo la generación, recolección, transporte, acondicionamiento, tratamiento y reincorporación de los residuos de horticultura ornamental.

Se define hasta dónde llega y que cubre el sistema de manejo y aprovechamiento de residuos que se plantea para Fumigir Ltda. Incluyendo las actividades de poda, corte de césped, mantenimiento de jardines, zonas verdes, uso de residuos orgánicos provenientes del área de alimentos y bebidas del centro de trabajo, tal como cascaras de fruta, cascaras de huevo. Que se incorporen al compost. De tal forma, se delimita, el espacio geográfico (Girardot, Cundinamarca) tipos de residuos generados y procesos que se desarrollan desde la generación en el cliente hasta el aprovechamiento interno en los mismos proyectos.

**Tabla 10**

*Caracterización del sistema de manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental en Fumigir Ltda.*

| Elemento        | Descripción                                                                                                                      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Servicios       | Poda de árboles, corte de césped, mantenimiento de jardines y zonas verdes, recolección de residuos orgánicos de cocina de hotel |
| Código CIUU     | 8130: Actividad de jardinería y mantenimiento de espacios verdes                                                                 |
| Área Geográfica | Girardot, Cundinamarca                                                                                                           |
| Punto de Inicio | Generación de residuos en sitio de cliente                                                                                       |
| Punto de Cierre | Uso interno del compost                                                                                                          |

|                   |                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipos de Residuos | Biomasa gruesa, biomasa fina, residuos de cascara de huevo, residuos de cascara de fruta                              |
| Proceso Incluido  | Segregación de la fuente, recolección, transporte inverso, acopio, chipeado de biomasa, compost y aplicación interna. |
| Proceso Excluido  | Comercialización, manejo de residuos peligrosos, escombros, plásticos, metales, materiales no orgánicos.              |

**Nota:** la tabla presenta los elementos que delimitan el alcance del sistema propuesto, incluyendo servicios asociados, código CIU, área geográfica de aplicación, punto de inicio y cierre, tipos de residuos considerados, procesos incluidos en la propuesta y actividades expresamente excluidas del sistema de manejo y aprovechamiento. **Fuente:** elaboración propia (2026).

La propuesta se fundamenta en principios rectores, en que se deben diseñar y operar el sistema de manejo y aprovechamiento de residuos en Fumigir Ltda. En primera instancia, se adopta la prevención y minimización en la fuente, implica priorizar técnicas de poda y mantenimiento que reduzcan al máximo la generación innecesaria de residuos. De manera complementaria, la segregación exige separar los residuos por tipología desde el punto de generación, para facilitar su posterior aprovechamiento y asegurar que cada flujo de material se gestione de manera adecuada.

La trazabilidad se constituye en otro principio clave, debido a que requiere el registro y documentación del flujo de residuos desde su origen hasta su destino final, garantizando el control, seguimiento y soporte para la toma de decisiones. A su vez, la seguridad operacional demanda condiciones de trabajo seguras para el personal en cada etapa de manejo de residuos, mediante el uso de elementos de protección personal y procedimientos claros que reduzcan riesgos.

Los residuos objeto del sistema corresponden principalmente a materiales vegetales denominados lignocelulósicos y orgánicos generados durante las labores de corte de césped, poda

de árboles y mantenimiento de jardines ornamentales. De acuerdo con el marco conceptual, estos residuos se clasifican como residuos orgánicos y vegetales biodegradables, con potencial de aprovechamiento mediante actividades de compostaje y producción de biomasa para cobertura de suelos.

**Tabla 11**

*Tipología de residuos de horticultura ornamental.*

| <b>Tipología interna de residuos residuales</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                      | <b>Origen</b>                                   |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Biomasa gruesa</b>                           | Residuos leñosos de gran tamaño, principalmente de la estructura del árbol como ramas medianas y grandes, troncos y secciones de fuste. | Actividades de poda de realce y tala de arboles |
| <b>Biomasa fina</b>                             | Residuos vegetales ligeros y asociados al follaje como hojas verdes, brotes y ramillas delgadas.                                        | Poda de formación y mantenimiento ornamental    |
| <b>Pasto y césped cortado</b>                   | Residuos generados por corte de prados y zonas verdes, como césped recién cortado o pasto de rocería.                                   | Servicio de corte de césped en zonas verdes     |
| <b>Hojarasca</b>                                | Material vegetal seco o en descomposición sobre el suelo, como hojas secas, pequeños fragmentos de ramas y restos orgánicos sueltos.    | Limpieza y mantenimiento de jardines.           |
| <b>Residuos de sustratos</b>                    | Son mezclas de tierra y materia orgánica usadas, como mezcla de suelo de jardinerías y tierra con raíces finas.                         | Renovación de jardines ornamentales.            |
| <b>Residuos orgánicos de cocina.</b>            | Cascaras de fruta, cascara de huevo                                                                                                     | Área de alimentos y bebidas.                    |

**Nota:** en la anterior tabla se puede identificar esta clasificación que permite estructurar los flujos diferenciados de manejo y asimismo definir los tratamientos para cada fracción.

**Fuente:** elaboración propia (2026)

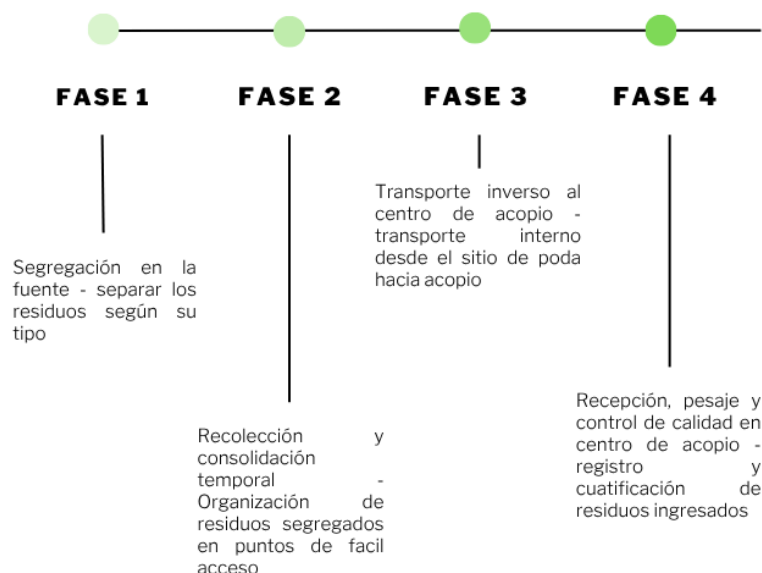
Con base a la caracterización del sistema actual de la empresa, se genera un promedio de 15 y 25 m<sup>3</sup> mensual de residuos vegetales, correspondiendo a un aproximado de 3 a 6 toneladas al

mes. Considerando una densidad promedio de 200 a 250kg / m<sup>3</sup>, para este tipo de material, esta generación se ve influenciada por la estacionalidad climática (con mayores volúmenes en épocas de crecimiento acelerado de vegetación) el número de contratos de mantenimiento activo y tipo de servicio predominante, especialmente la proporción entre actividades de poda de árboles y corte de césped.

De manera complementaria, el registro técnico mostrado en la comunicación del área operativa, se evidencia que en jornadas de poda intensiva pueden alcanzarse un promedio de 12 toneladas de material vegetal diario, de las cuales tan solo el 50% podría ser destinado a compost y el porcentaje restante se aprovecha como cobertura tipo mulching en el área de plateo de cada árbol. Por lo tanto, se propone un flujo logístico compuesto por etapas secuenciales que transformen el residuo en recurso mediante procesos técnicamente validados. Para ello se genera una clasificación de etapas.

**Figura 23**

*Etapas del flujo logístico propuesto.*



**Nota:** la figura ilustra las cuatro fases del flujo logístico inverso definido para el sistema de manejo de residuos. **Fuente:** elaboración propia (2026).

### **Etapas 1: Segregación en la Fuente**

En primera instancia se realiza la separación de residuos. Vegetales desde el momento de su generación, según su tipología para maximizar su aprovechamiento y facilitar los procesos posteriores de manejo y disposición.

De acuerdo con lo anterior, se propone que después de la finalización de la poda de árboles, se genere la segregación de residuos basándose en dos flujos, en el primer flujo se encuentran las ramas, troncos y secciones leñosas aptas para proceso de chipeado. Por otro lado, está la biomasa fina, incluyendo las hojas, ramillas delgadas, residuos de poda de césped y hojarasca (hojas secas). Para garantizar un adecuado manejo de materiales, se sugiere una señalización de la zona de acopio empleando señalización visual que permita identificar cada flujo. Para ello se requiere generar capacitación con el personal operativo sobre clasificación de residuos, capacitación sobre señalización de espacios y capacitación sobre los formatos de registro diaria para posteriormente diligenciar los formatos de registro diaria.

### **Etapas 2: Recolección y consolidación temporal**

Teniendo como referente la segregación de los residuos, posteriormente se genera la organización de estos, en áreas de fácil acceso para optimizar el cargue y minimizar los riesgos operacionales.

Una vez finalizado para servicio, se propone consolidar los residuos en pilas separadas según su tipología, a las ramas muy largas se le generan cortes adicionales con una reducción de 1 a 1,5 m, para facilitar su posterior chipeado, se sugiere ubicar las pilas en áreas accesibles al

vehículo de recolección, evitando obstruir las zonas de acceso, adicionalmente, se propone realizar una inspección preoperacional evitando materiales no aprovechables mezclados (plásticos, metales, piedras, escombros) La recolección y consolidación de residuos se emplea una vez completada la segregación del sitio de trabajo. Las cuadrillas organizan la biomasa gruesa en puntos estratégicos que permiten un descargue eficiente hacia los vehículos de transporte, considerando que este material será trasladado al centro de acopio temporal para su posterior procesamiento en la chipeadora. Paralelamente los residuos de chipeado se almacenan en contenedores.

El hecho de que la empresa cuenta con maquinaria disponible para generar la reducción de volumen que permite planear la consolidación con base en la capacidad de procesamiento de la chipeadora y en el espacio disponible en el centro de acopio. Así, se genera un cronograma de trabajo en que se priorice la recolección de residuos de gran volumen, específicamente ramas y troncos, optimizando el uso de chipeadora reduciendo las cantidades de viaje requerido para su disposición final.

#### **Figura 24**

Acopio temporal de residuos lignocelulósicos por la horticultura ornamental.



**Nota:** en la anterior figura se observa el área destinada al acopio temporal de residuos lignocelulósicos generados por la actividad de horticultura ornamental, donde se concentran ramas, hojas y restos vegetales antes de su gestión y disposición final de acuerdo con los lineamientos ambientales establecidos. **Fuente:** propia (2026).

### **Etapas 3: Transporte interno al centro de acopio temporal**

Se comprende el transporte interno de los residuos desde el sitio de poda hasta el lugar de acopio generando una adecuada logística de retorno. Teniendo en cuenta lo anterior, el transporte inverso corresponde al traslado de residuos desde los sitios de generación hasta el centro de acopio, pretratamiento y aprovechamiento de Fumigir Ltda. Para esta etapa se propone diseñar de manera eficiente que el vehículo aproveche los recorridos de retorno de los clientes, integrando el movimiento de residuos a la operación diaria, sin generar trayectos innecesarios evitando un reproceso. La carga se organiza en vehículo separando la biomasa gruesa destinada a chipeado.

***Figura 25***

*Tractor 3036E John Deere.*



**Nota:** en la anterior figura se observa el tractor 3036E John Deere utilizado como equipo de apoyo para el transporte interno de residuos lignocelulósicos y materiales asociados a la actividad de horticultura ornamental dentro del centro de trabajo, optimizando los tiempos de movilización y eficiencia operativa. **Fuente:** elaboración propia (2026).

Se propone la habilitación de espacio dentro de las instalaciones del cliente que funcionara como centro de acopio y pretratamiento de residuos, integrando las funciones de recepción y pesaje, área de pretratamiento (chipeado), zona de compostaje y zona de almacenamiento para el compost.

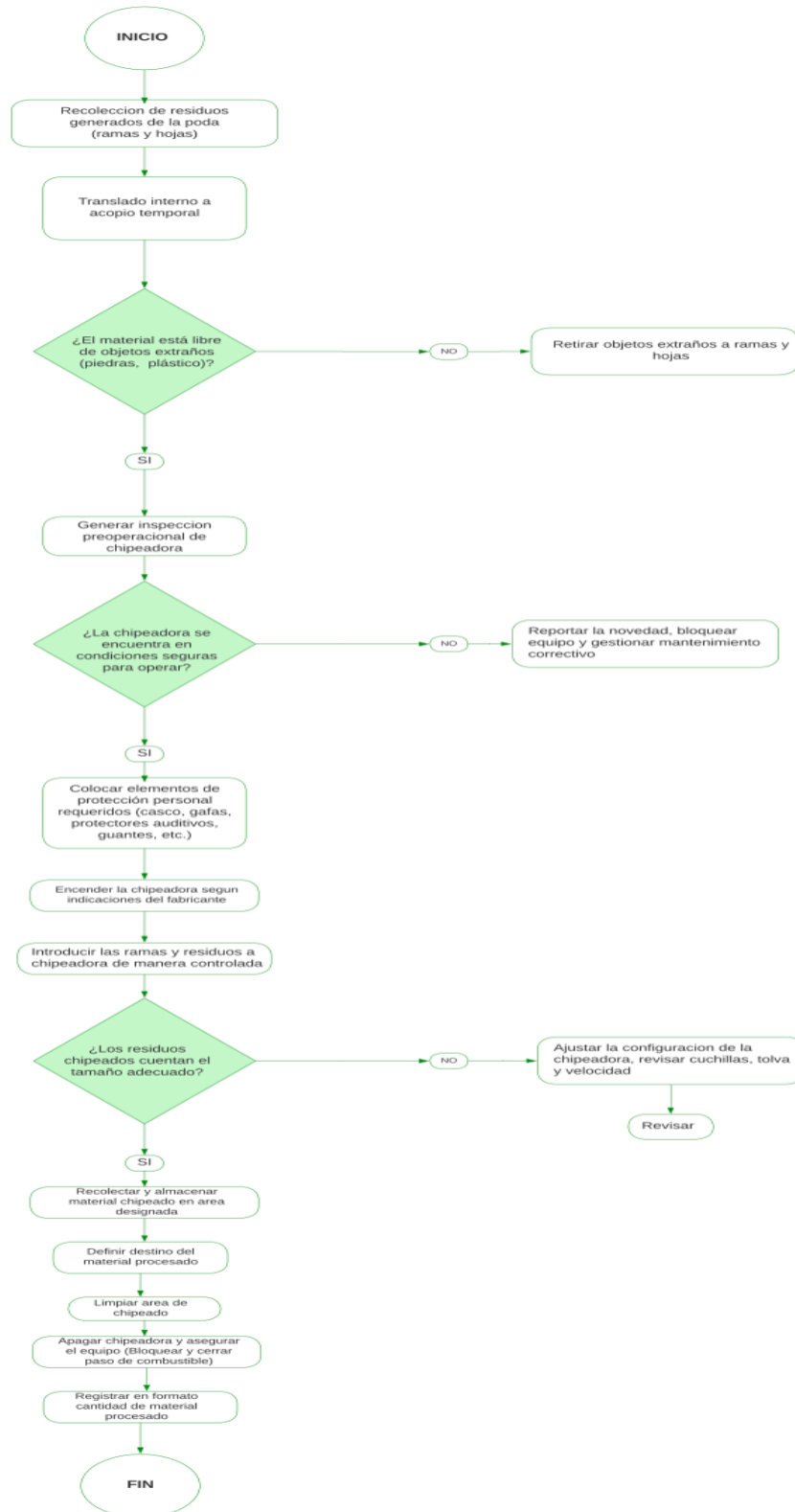
Teniendo en cuenta las funciones se sugiere un área de 300 – 500 m<sup>2</sup>, el piso debe estar compactado para facilitar el tránsito de la máquina, debe contar con acceso vehicular para el vehículo interno (tractor) conexión a servicios básicos

### **Línea de chipeado y uso estructural.**

Para la transformación de la biomasa gruesa se deben emplear material estructural en compost, cobertura de suelos. Para ello se plantea el siguiente flujograma.

**Figura 26**

*Flujograma del proceso de chipeado de residuos de poda.*



**Nota:** en la anterior figura, se presenta el flujograma que resume las decisiones y actividades clave para transformar los residuos de poda en biomasa chipeada, integrando controles de seguridad del equipo, calidad del material y registro de cantidades procesadas como base para su posterior aprovechamiento dentro del sistema logístico inverso propuesto. **Fuente:** elaboración propia (2026).

La fase de recolección de los residuos generados durante la poda Constituye el punto de partida para la transformación de un residuo sólido en un insumo con valor agregado dentro de la cadena de suministro, donde el agrupamiento de ramas y hojas en puntos específicos garantiza un flujo operativo libre de obstrucciones que facilita el manejo posterior del material y Evita interferencias con las actividades centrales de la organización. Una vez consolidada esta etapa, se ejecuta el traslado interno al área de acopio temporal definida por la empresa. Utilizando medios manuales o equipos de apoyo según el volumen de biomasa, con el propósito de mantener la integridad de los residuos y organizarlos de manera que se optimice su alimentación posterior hacia la chipeadora. Antes de proceder con la trituración, se activa un control de calidad crítico para verificar si el material está libre de objetos extraños como piedras, plásticos o metales, lo cual es fundamental para proteger la integridad de los equipos y reducir riesgos de accidentes; en caso de identificar contaminantes, se procede a retirarlos cuidadosamente para que el input que regrese al proceso corresponde estrictamente a la biomasa vegetal pura.

Al confirmar que el material se encuentra apto, intención de interrumpir sea inicio en la inspección preoperacional de la copiadora mediante una lista de chequeo que revista sistemas de alimentación, Lubricantes y controles de parada de emergencia, asegurando que la máquina cumpla con los requisitos técnicos de seguridad antes de su puesta en marcha. Si se detecta alguna anomalía, el protocolo exige bloquear el equipo y gestionar un mantenimiento correctivo para

preservar la vida útil de la herramienta y la seguridad del personal, pero si las condiciones son óptimas, el operario procederá a la colocación de los elementos de protección personal reglamentarios como casco, gafas y protectores auditivos. Él encendió la chipiada se realiza siguiendo la secuencia del fabricante para posteriormente introducir los residuos de manera controlada en la tolva, seleccionando el material según su tamaño y orientación para maximizar el rendimiento del equipo y reducir atascos que puedan comprometer la eficiencia de la cadena productiva.

Durante la operación, se realiza un monitoreo constante para verificar si los residuos chipiados cuentan con el tamaño y la granulometría adecuadas para su uso posterior, ya sea como cobertura de suelos o insumo para compostaje; si el tamaño no es el esperado, se deben ajustar parámetros operativos como la velocidad de la alimentación o el afilado de cuchillas antes de continuar. Cuando el material procesado cumple con las características técnicas, se recolecta y se almacena en un área designada, lo cual facilita el control de inventarios y la ventilación adecuada de la biomasa procesada. Es en este punto donde la documentación exhaustiva de los procesos adquiere una relevancia estratégica, pues el registro en formatos de la cantidad de material procesada, el origen de los residuos y el volumen final permite transformar un output anteriormente improductivo en el nacimiento una verdadera cadena de valor basada en el aprovechamiento agrícola.

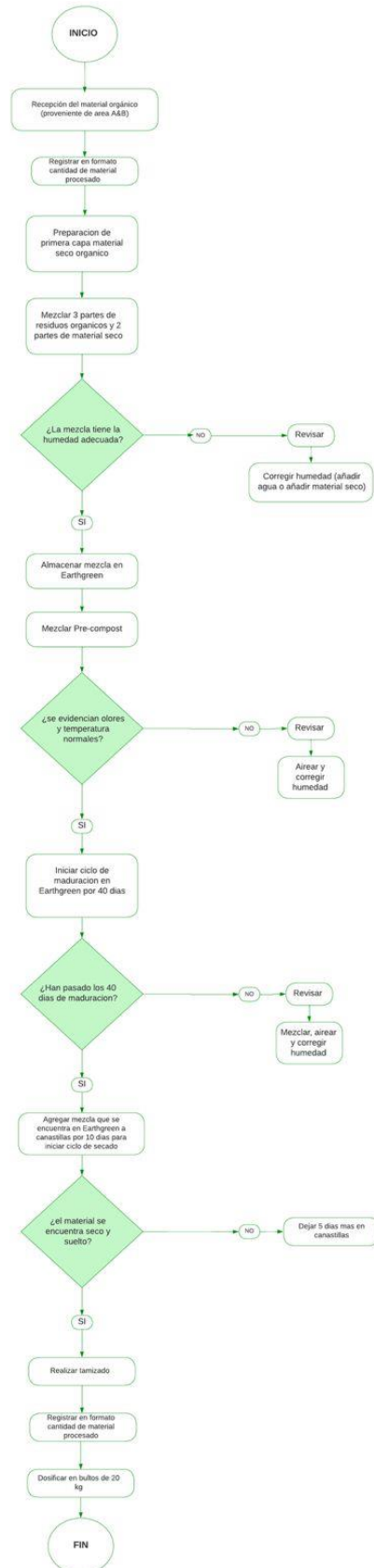
Finalmente, se define el destino del material procesado según las necesidades de los proyectos vigentes, no fue su pues seguido de una limpieza profunda del área del chipiado y el apagado seguro del equipo mediante el bloqueo de fuentes de energía. La culminación de ciclo operativo trasciende la simple disposición de residuos para consolidarse como el hito fundacional de una nueva cadena de valor donde la rigurosidad de la documentación se convierte en el activo

estratégico que valida la trazabilidad y la calidad del sistema. Al registrar sistémicamente variables como el origen y los volúmenes de biomasa se logra transformar un output históricamente improductivo y desprovisto de valor agregado en un insumo técnico con alto potencial de inserción en cadenas productivas secundarias.

### 8.3.1.1. Línea de compostaje de residuos orgánicos

**Figura 27**

*Flujo del proceso de compostaje propuesto.*



**Nota:** en la anterior figura, se puede evidenciar el flujograma que organiza las operaciones y puntos de control del compostaje, mostrando como los ajustes de mezcla, humedad y maduración permiten obtener un material estabilizado y secado, apto para ser aprovechado como insumo en el sistema de manejo de residuos de la empresa. **Fuente:** elaboración propia (2026).

El presente análisis metodológico estructurado establece un modelo secuencial y técnico para la gestión logística inversa de biomasa donde se busca aprovechar el ciclo de vida de los residuos lignocelulósicos y orgánicos mediante un proceso de biotransformación controlada logrando transitar desde la generación de un pasivo ambiental hasta la consolidación de un activo estratégico para la red de suministro puesto que este flujograma ilustra de manera analítica el recorrido que experimentan los residuos desde su nodo de origen hasta su conversión en un output de alto valor agregado. En virtud de lo anterior, el flujo inbound logístico inicia formalmente con la fase de recepción de la biomasa proveniente de los centros de servicio y otros nodos operativos compatibles previamente definidos por la política de la organización exigiendo una verificación rigurosa para garantizar que el flujo de entrada corresponda exclusivamente a fracción orgánica debidamente separada de la fuente. Durante esta recepción en el muelle de acopio, se revisa de manera general que no ingresen a la cadena de valor elementos contaminantes o residuos no conformes lo que desencadena el traslado directo del material aprobado hacia la estación de trabajo donde se iniciará la preparación del lecho de estabilización orgánica.

Inmediatamente después de esta inspección técnica se procede a registrar manualmente a través de planillas, la cantidad exacta de input procesado estableciendo parámetros de trazabilidad end-to-end como la fecha de ingreso, la procedencia específica y el volumen o peso estimado, lo cual resulta fundamental para mantener un estricto control de inventarios sobre la oferta de materia

prima disponible y aportar información vital para el seguimiento continuo de los indicadores de gestión facilitando la planificación estratégica de las futuras mezclas productivas. Superada la fase de ingreso documental el flujo avanza hacia la preparación de la primera capa de material estructurante la cual se dispone estratégicamente en la base de la unidad de biotransformación aeróbica empleando elementos ricos en carbono como hojas secas o residuos de poda en razón de que esta capa basal favorece visiblemente el drenaje hidráulico y la aireación del sistema evitando acumulaciones de humedad en el fondo y creando una plataforma física adecuada para recibir la carga de materiales frescos.

Una vez acondicionada esta base estructural se procede a combinar los inputs orgánicos frescos con el material estructurante manteniendo una proporción técnica estandarizada buscando ejecutar esta mezcla de manera completamente homogénea para garantizar que la carga quede bien distribuida, lo que permite asegurar un adecuado equilibrio fisicoquímico siendo esta una condición insoslayable para que el proceso de estabilización se desarrolle con máxima eficiencia operativa y sin alteraciones en el lead time proyectado. En este punto crítico de la cadena de operaciones, se evalúa minuciosamente si la matriz ha alcanzado un nivel de humedad apropiado para detonar la actividad biológica utilizando métodos prácticos de control de calidad o aplicando los parámetros estandarizados en el manual de procedimientos de modo que si se identifica que la matriz se encuentra muy seca o por el contrario se exhibe una humedad excesiva, se genera la necesidad inminente de ajustar su composición antes de avanzar hacia la siguiente puerta de calidad del flujograma.

Bajo este panorama, si la validación arroja un resultado no conforme, se procede a revisar y corregir la humedad adicionando agua de manera controlada en caso de extrema sequedad o incorporando mayor cantidad de material seco estructurante si se detecta un exceso de líquido

ejecutando esta acción de manera gradual y mezclando nuevamente la totalidad del lote hasta lograr la consistencia deseada para evitar cuellos de botella asociados a la compactación severa. Por el contrario, si la mezcla presenta la humedad adecuada desde el inicio o tras la corrección oportuna, esta se traslada de inmediato para ser almacenada dentro de la unidad de biotransformación distribuyendo la carga de manera absolutamente uniforme procurando no compactar en exceso el material y dejando el espacio volumétrico necesario para permitir el intercambio de gases y facilitar el manejo mecánico posterior.

Transcurridos los primeros días de este ciclo de estabilización inicial, se realiza una intervención física consistente en el volteo del material en preparación con el firme propósito de homogeneizar toda la matriz, redistribuir las cargas de humedad y mejorar sustancialmente la aireación interna de la pila, lo cual favorece la estabilización térmica del sistema y previene la indeseable formación de zonas frías que detendrían el flujo continuo del proceso. Luego de este periodo de adecuación, se ejecuta una verificación integral de las condiciones generales observando detenidamente si los olores emanados son característicos de una biotransformación madura y comprobando al mismo tiempo si la temperatura interna se encuentra estrictamente dentro de los rangos térmicos esperados según la etapa de desarrollo en la que se halle el material, lo que permite detectar a tiempo desviaciones críticas que puedan requerir acciones correctivas inmediatas para salvaguardar la integridad del lote.

En el escenario de que se identifique condiciones fuera del umbral permitido, se aplican ajustes urgentes mediante una aireación mecánica adicional y la rectificación de la humedad logrando recuperar el equilibrio termodinámico del proceso y evitando mermas operativas que terminen afectando drásticamente la calidad del producto final. Subsano este escenario o en caso de que las variables fuesen normales desde la inspección rutinaria, se da inicio formal al ciclo de

maduración profunda, manteniendo el material confinado y protegido durante un periodo aproximado de cuarenta días continuos, reduciendo paulatinamente la frecuencia de intervención humana para permitir que la biomasa se estabilice por completo y se consoliden los procesos de humificación.

Cumplida la acción, se procede a verificar documentalmente si el material ha permanecido el periodo completo de maduración, confirmando las fechas de inicio y fin en los registros de producción, tomando la decisión técnica de si el compost orgánico ya se encuentra verdaderamente listo para transitar a la etapa de outbound o si por la naturaleza de los materiales, requiere un tiempo adicional de permanencia en las unidades de curado. Si la comprobación determina que aún no se alcanzan los días reglamentarios o si la inspección visual revela que el material no muestra las características físicas esperadas, se ejecuta un nuevo volteo preventivo, asegurando que el lote complete su ciclo de estabilización en condiciones totalmente idóneas antes de ser catalogado y evaluado como producto terminado.

Una vez superado satisfactoriamente el tiempo de maduración, la mezcla se considera una enmienda orgánica plenamente estable y se procede a trasladarla mediante equipos de manejo de materiales hacia un nodo destinado exclusivamente al proceso de secado manteniendo la carga distribuida en canastillas industriales donde se favorezca la libre circulación de las corrientes de aire para inducir la perdida de humedad acondicionando el material para que adquiera una textura muchísimo mas suelta, manejable y libre de aglomeraciones estructurales. Durante este sensible periodo de stock intermedio se verifica de manera recurrente si el producto alcanza una humedad residual baja y presenta una consistencia granulada resultando esta evaluación una pieza clave para determinar si el material está operativamente listo para ser sometido al tamizado y posterior empaque o si requiere permanecer bajo las corrientes de aire por más tiempo.

Si el material aún se percibe húmedo al tacto o presenta una estructura compacta, se dispone a mantenerlo reposando en las canastillas por un periodo adicional estandarizado de cinco días más revisando periódicamente su evolución granulométrica, lo que permite completar sin apresuramientos el proceso de eliminación de humedad retenida y lograr la textura exacta para su futuro manejo logístico. Cuando finalmente el material se encuentra seco y suelto en su totalidad, se procede a tamizarlo separando con precisión las partículas finas de alto valor agronómico del material más grueso o de posibles impurezas remanentes con el firme propósito de mejorar sustancialmente la uniformidad técnica del output final facilitando su aplicación en los terrenos y permitiendo recuperar aquellas fracciones ricas en carbono que puedan reincorporarse como material estructurante a los nuevos ciclos productivos, garantizando una política de cero desperdicios.

Posteriormente a esta etapa de refinamiento técnico, se registra obligatoriamente en el formato de producción, la cantidad exacta de biomasa estabilizada obtenida, indicando la fecha de liberación, el lote de trazabilidad y el volumen o peso final empacado, contribuyendo a robustecer el control de la red de suministro y permitiendo comparar analíticamente la relación de rendimiento entre el input ingresado en la fase inicial y el output generado apoyando directamente al jurado y a la gerencia en la toma de decisiones sobre los ritmos de producción y el aprovechamiento de los recursos. Finalmente, el producto debidamente tamizado se dosifica y empaca de manera estandarizada en bultos de aproximadamente 20 kilogramos, donde se sella herméticamente y se rotulan los empaques con toda la información técnica requerida, dejando el producto completamente listo para su utilización en los proyectos paisajísticos propios de la organización o para ser entregado a los stakeholders que busquen integrar la economía circular dentro de sus prácticas corporativas.

Derivado de todo el análisis metodológico, se plantea como directriz gerencial que la enmienda orgánica generada se gestionara internamente como un recurso de carácter netamente estratégico. Como medida de aprovechamiento logístico eficiente y con un cierre trasversal del ciclo operativo, se estipula la necesidad imperativa de estructurar un nodo físico de almacenamiento dedicado donde se definan políticas de nivel de existencias (mínimos y máximos) y llevando un control que monitoree los flujos de entrada y salida asegurando así que esta nueva cadena de valor opere bajo los más estrictos estándares de administración y contribuya a la sostenibilidad integral del modelo de negocio proyectado.

### **Estructura Organizacional**

Teniendo en cuenta la propuesta del sistema de manejo y aprovechamiento de residuos, se integre como subsistema logístico verde transversal dentro de la organización articulando el nivel estratégico donde se encuentra la gerencia quien es el responsable de definir políticas, por otro lado se evidencia el nivel táctico liderado por el coordinador de operaciones de la empresa, encargada de generar la planificación y supervisa las actividades y por ultimo está el nivel operativo en donde se encuentran los responsables de las actividades (jardineros).

De acuerdo con lo anterior se genera la siguiente distribución de roles y responsabilidades

***Tabla 12***

*Roles y responsabilidades en el sistema de manejo y aprovechamiento de residuos.*

| <b>ROL</b>                     | <b>RESPONSABILIDADES</b>                                                       |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GERENCIA</b>                | Aprobar política de economía circular, asignar presupuesto para inversión.     |
|                                | Definir metas de aprovechamiento anual.                                        |
|                                | Representar a la empresa ante autoridad ambiental competente.                  |
| <b>COORDINADOR OPERACIONES</b> | <b>DE</b> Diseñar procedimientos operativos asegurando cumplimiento normativo. |

|                                |           |           |                                                      |
|--------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------------------|
| <b>SUPERVISOR DEL CENTRO</b>   | <b>DE</b> | <b>LA</b> | Capacitar a personal.                                |
|                                |           |           | Realizar inspecciones periódicas.                    |
|                                |           |           | Asegurar la segregación de residuos.                 |
| <b>OPERADOR<br/>CHIPEADORA</b> | <b>DE</b> | <b>LA</b> | Operar el equipo según manual y normatividad SG-SST. |
|                                |           |           | Reportar fallas.                                     |
|                                |           |           | Realizar limpieza de maquinaria.                     |
| <b>JARDINERO</b>               | <b>DE</b> | <b>LA</b> | Segregar residuos.                                   |
|                                |           |           | Registrar volumen procesado.                         |
|                                |           |           | Reportar fallas.                                     |
|                                |           |           | Construir pilas de compost.                          |
|                                |           |           | Registrar datos en bitácora.                         |

**Nota:** la tabla organiza las funciones de los distintos cargos involucrados en el sistema, mostrando como la gerencia, la coordinación operativa y el personal de campo se articulan para garantizar el cumplimiento normativo, la operación segura de los equipos y el registro trazable de los residuos aprovechados. **Fuente:** elaboración propia (2026).

### ***8.3.2. Aplicación de la Escala Likert para Valoración y Seguimiento del Sistema de Manejo y Aprovechamiento de Residuos***

La integración de la escala Likert Aporta un sólido rigor metodológico al diseño de este sistema de manejo y aprovechamiento de residuos ya que permite transformar las impresiones cualitativas de los distintos factores operativos en datos estadísticos estructurados y comparables. Al emplear estas categorías de respuesta graduadas se logra reducir significativamente la ambigüedad en la recolección de la información identificando con mayor precisión cuáles estrategias resultan más viables y de mayor impacto ambiental para la organización.

Toda está bien si es sistemática se vuelve fundamental para justificar la priorización de las actividades dentro de la propuesta garantizando que las decisiones se fundamenten en métricas reales orientadas al uso eficiente de los recursos y no solo en percepciones aisladas, así mismo,

este instrumento cobra un valor logístico indispensable durante la etapa de seguimiento al actuar como un mecanismo de mejora continua que evalúa el rendimiento del modelo implementado frente a los flujos de trabajo reales.

Su aplicación periódica el personal involucrado facilita el monitoreo de los procesos internos en el tiempo permitiendo detectar oportunamente los avances de la recuperación de los materiales así como los posibles estancamientos o cuellos de botella operativos, de esta manera, el análisis de las variaciones en los puntajes guía directamente los ajustes tácticos necesarios en cada subproceso asegurando que el sistema propuesto no solo cumpla con su propósito inicial sino que logre adaptarse dinámicamente a las expectativas corporativas y las exigencias del entorno.

El documento debe de tener un espacio donde se aclare el nombre de la persona encargada, el cargo o área y sus años de experiencia, luego, siguiendo una serie de instrucciones en una escala del 1 al 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 es totalmente de acuerdo.

Se debe tener en cuenta que las afirmaciones que se hacen se refieren a estas alternativas de aprovechamiento de residuos vegetales de horticultura ornamental:

- A1: Compostaje de residuos orgánicos
- A2: Chipeado de biomasa para uso estructural (mulch y cobertura de suelos)
- A3: Producción de bioabonos/bio insumos a partir de residuos orgánicos.

### **Criterio Técnicos y Operativos**

***Tabla 13***

*Criterios técnicos y operativos para la valoración de alternativas de aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental.*

| Código | Ítem | A1 | A2 | A3 |
|--------|------|----|----|----|
|--------|------|----|----|----|

|    |                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1 | La alternativa puede implementarse con la maquinaria y equipos que actualmente posee la empresa.   |
| T2 | El personal operativo cuenta o puede capacitarse fácilmente, para operar esta alternativa.         |
| T3 | La alternativa se adapta a los tiempos de operación y programación de servicios de la empresa.     |
| T4 | La alternativa no interfiere de manera significativa con las actividades habituales de la empresa. |

**Nota:** en la tabla se presentan los criterios técnicos y operativos considerados para la valoración de las alternativas de aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental a través de la escala Likert diseñada para este estudio. **Fuente:** elaboración propia (2026).

### Criterios Ambientales

**Tabla 14**

*Criterios ambientales para la valoración de alternativas de aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental.*

| Código | Ítem                                                                                                    | A1 | A2 | A3 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
| B1     | La alternativa reduce de manera importante la cantidad de residuos enviados a disposición final.        |    |    |    |
| B2     | La alternativa contribuye a disminuir impactos ambientales (olores, lixiviados, emisiones, etc.)        |    |    |    |
| B3     | La alternativa favorece la imagen ambiental y el cumplimiento de compromisos ambientales de la empresa. |    |    |    |

**Nota:** la tabla presenta los ítems utilizados para evaluar mediante la escala Likert, el impacto ambiental de cada alternativa de aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental considerada en los sistemas propuestos. **Fuente:** elaboración propia.

#### **Criterios de Aceptación y Gestión Interna**

| Código | Ítem                                                                                           | A1 | A2 | A3 |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
| G1     | Considero que esta alternativa sería bien aceptada por la gerencia de la empresa.              |    |    |    |
| G2     | Considero que esta alternativa sería bien aceptada por el personal operativo.                  |    |    |    |
| G3     | La alternativa es coherente con la visión de sostenibilidad y proyección futura de la empresa. |    |    |    |

**Nota:** la tabla identifica los ítems aplicados para evaluar la aceptación interna de cada alternativa de aprovechamiento por parte de la gerencia, el personal operativo y la alineación con la visión de sostenibilidad de Fumigir Ltda.

#### **8.5.3.4. Sugerencias Abiertas.**

Se presentan dos preguntas abiertas:

- Desde su experiencia, ¿Qué alternativa considera más prioritaria para implementar en el corto plazo y por qué?
- ¿Qué riesgos o dificultades identifica para la implementación de estas alternativas?

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

La propuesta para el manejo y aprovechamiento de residuos de horticultura ornamental presentada a Fumigir Ltda., retoma los principios de logística inversa y economía circular discutidos en el marco teórico, llevándolos a una aplicación práctica, esto logrado al dejar de ver la biomasa generada como un desecho sin valor, integrándola en un flujo de retorno que comienza en el cliente, pasa por el centro de acopio y culmina en procesos de transformación como el chipeado y el compostaje. De esta manera, se redefine el papel de la empresa en la gestión de residuos orgánicos y se fomenta a la creación de nuevas redes de valor.

A partir del análisis del sistema actual y de la información recopilada a través de entrevistas y revisión de documentos, se observa que Fumigir Ltda., tenía procedimientos establecidos para realizar actividades de poda y mantenimiento, así como directrices de seguridad y planificación operativa, no obstante, no había un esquema formal para la separación en la fuente, la medición de volúmenes ni el registro de rutas y puntos de acopio, por lo tanto, la mayor parte de los residuos se manejaba con un enfoque lineal dirigido a la disposición final, lo que restringía el aprovechamiento de un volumen estimado entre 15 y 25 m<sup>3</sup> mensuales.

El diseño del flujo de logística inversa y los flujogramas para la poda, el corte de césped, la recepción de residuos y la producción del compostaje permitió implementar un enfoque sistémico en la administración, ya que se identificaron entradas, salidas, actores, actividades y retroalimentaciones que participan en la gestión de la horticultura ornamental, de este modo, se evidenció que decisiones que parecen simples, como separar la biomasa en gruesa y fina, establecer rutas internas o registrar cada viaje hacia el acopio, tienen efectos directos en la eficiencia del sistema, en la disminución de viajes hacia el vertedero y en la creación de información valiosa para la toma de decisiones logísticas estratégicas.

La estructura organizativa sugerida, que asigna responsabilidades en niveles estratégicos, tácticos y operativos, se alinea con la teoría clásica de la administración y con el ciclo de Planificación, Organización, Dirección y Control, debido a que se posiciona el sistema de gestión de residuos como un subsistema logístico ambiental que atraviesa la empresa y no como una actividad independiente, por lo tanto, la dirección puede establecer políticas y objetivos, la coordinación operativa determina rutas, turnos y formatos, y el personal de campo lleva a cabo las tareas de segregación, transporte interno y pretratamiento.

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible y la economía circular, la investigación indica que la adopción del sistema propuesto ayuda a aliviar la carga sobre el vertedero “*Praderas del Magdalena*” y a mejorar la gestión ambiental de Fumigir Ltda., esto se debe a que se presenta una alternativa para convertir residuos de poda, césped y sustratos en productos útiles como compost y chips de madera, los cuales pueden utilizarse en jardinería, preparación de suelos y paisajismo. Así se cierra parcialmente el ciclo de la materia orgánica, se mitigan los impactos relacionados con la disposición final y se crean oportunidades de valor añadido, en alineación con los lineamientos del PGIRS de Girardot y la normativa ambiental actual.

A mediano plazo, se sugiere considerar opciones para diversificar el uso de la biomasa generada, como mezclar el compost con otros residuos orgánicos para mejorar sus características agronómicas, o utilizar chips de madera en proyectos de control de erosión, estabilización de taludes o acondicionamiento de caminos y áreas de tránsito peatonal. También se podría explorar su uso en actividades de paisajismo interno o para clientes estratégicos, asimismo, es importante evaluar la viabilidad técnica, económica y normativa de integrar tecnologías complementarias, como biodigestores o sistemas de aprovechamiento de lixiviados, que puedan sumarse al esquema actual sin sobrepasar la capacidad operativa de la empresa. De este modo, el sistema de manejo y

aprovechamiento no se considera como una solución fija, sino más bien como una base sobre la cual Fumigir Ltda., puede ir incorporando nuevas líneas de valor de manera gradual, fortaleciendo su posición en el mercado y consolidándose a la gestión ambiental del municipio.

Se sugiere a Fumigir Ltda., implemente un sistema de gestión y aprovechamiento de residuos como un proyecto formal dentro de su operación, designado a una persona responsable, estableciendo un cronograma de al menos seis meses y fijando metas específicas, esto asegura que el sistema no sea solo una propuesta teórica, si no un elemento medible del rendimiento logístico de la empresa.

Es recomendable que los formularios de recepción de residuos y de producción de compostaje sean anexos obligatorios para los servicios de poda y corte de césped, de manera que cada equipo registre la fecha, el lugar, tipo de servicio, cantidades de biomasa fina y gruesa y cualquier observación, ya que con esta información, la coordinación operativa puede elaborar reportes mensuales y utilizar los datos para planificar rutas, calcular cargas y justificar ante la gerencia las decisiones respecto a equipos y personal.

Se sugiere revisar el calendario de podas y cortes de césped para incluir el criterio de viajes de retorno, es decir, utilizar trayectos que actualmente se encuentran desocupados para trasladar biomasa al centro de acopio. Esta medida requiere reasignar algunos servicios por áreas y días, pero permite mejorar la eficiencia del transporte y reducir los tiempos improductivos, alineando la operación con el enfoque de logística inversa propuesto en el proyecto.

Es aconsejable elegir un número reducido de indicadores clave, que sean sencillos de medir y de explicar al equipo, como, por ejemplo: kg de biomasa aprovechada mensual, cantidad de viajes a vertedero evitadas, y numero de servicios con separación adecuada en origen. Esos

indicadores pueden incluirse en los informes periódicos de la empresa y servir como base para evaluar la eficiencia de las operaciones y el impacto ambiental de la propuesta.

Se propone integrar el sistema de gestión y aprovechamiento en las ofertas comerciales y en las presentaciones dirigidas a clientes, subrayando que Fumigir Ltda., no solo se encarga de la poda o el mantenimiento, sino que también maneja de manera responsable la biomasa generada, disminuyendo la disposición en vertederos y priorizando su aprovechamiento. Esto podría constituir un criterio distintivo en los procesos de contratación donde la gestión ambiental sea relevante en la evaluación.

Por último, se sugiere presentar la propuesta a la administración municipal y a la autoridad ambiental como una experiencia piloto alineada con el PGIRS, con el objetivo de explorar posibles apoyos técnicos, inclusión en planes locales de economía circular y potenciales acuerdos para el manejo de residuos vegetales de otros generadores. Esta colaboración podría otorgar al sistema una mayor cobertura y establecer a la empresa como un socio estratégico del municipio en la gestión de residuos de horticultura ornamental.

### **Bibliografía**

Aguado, G. D. (2024). *Tratamiento y valorización de residuos de la agroindustria vitivinícola y frutihortícola*. Obtenido de Gobierno de Argentina: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2025/06/vinculacion\\_inta-\\_dervinsa\\_2015-2025\\_-\\_copia\\_german\\_aguado.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2025/06/vinculacion_inta-_dervinsa_2015-2025_-_copia_german_aguado.pdf)

Alcaldía Municipal de Girardot y CYDEP S.A.S. (2017). *Contrato N° 1016 de 2016*  
*ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*

(PGIRS) DE GIRARDOT. Obtenido de Alcaldía de Girardot: [https://girardot-cundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Actualizaci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20\(PGIRS\)%20de%20Girardot.pdf](https://girardot-cundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Actualizaci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20(PGIRS)%20de%20Girardot.pdf)

Amigos de la Tierra. (s.f.). *Manual básico para hacer compost*. Obtenido de Amigos de la Tierra: [https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2015/03/compost\\_esp\\_v04.pdf](https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2015/03/compost_esp_v04.pdf)

Ani, L., Ludovich, L., Klunko, N., Jumanazarova, G., Nasurova, K., & Asatullaev, K. (2023). Reduction of cost and emissions by using recycling and waste management system. *Brazilian Journal of Biology*, <https://doi.org/10.1590/1519-6984.279565>.

Asocolflores. (2024). *Guía ambiental de Cultivos de flores y especies ornamentales: Enfoque de economía circular*. Obtenido de Ministerio de Ambiente: [https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/01/GUIA-AMBIENTAL-FLORES-Y-ORMANENTALES\\_DIGITAL-1-1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/01/GUIA-AMBIENTAL-FLORES-Y-ORMANENTALES_DIGITAL-1-1.pdf)

Belda Hériz, I. (2018). *Economía circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Editorial Tébar Flores.

Betancur Pérez, J. F. (2016). *Territorio y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de e-Book: <https://www-ebooks7-24-com.unipiloto.basesdedatosezproxy.com/?il=8032>

Bogotá, alcaldía de Colombia, Universidad nacional . (s.f.). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. Obtenido de Unidad Administrativa Especial de Residuos Públicos: [https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)

- Bonoli, A., Zanni, S., & Awere, E. (2019). *Organic waste composting and sustainability in low-income communities in Palestine: lessons from a pilot project in the village of Al Jalameh, Jenin*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/332533333\\_Organic\\_waste\\_composting\\_and\\_sustainability\\_in\\_low-income\\_communities\\_in\\_Palestine\\_lessons\\_from\\_a\\_pilot\\_project\\_in\\_the\\_village\\_of\\_Al\\_Jalameh\\_Jenin](https://www.researchgate.net/publication/332533333_Organic_waste_composting_and_sustainability_in_low-income_communities_in_Palestine_lessons_from_a_pilot_project_in_the_village_of_Al_Jalameh_Jenin)
- CECODES. (2025). *La sostenibilidad empresarial en 2025: Tendencias a tener en cuenta*. Obtenido de CECODES: <https://cecodes.org.co/la-sostenibilidad-empresarial-en-2025-tendencias-a-tener-en-cuenta-2/>
- CEPAL. (Junio de 2021). *Avances hacia una economía circular en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades para lograr un estilo de desarrollo más sostenible y bajo en carbono*. Obtenido de CEPAL: <https://www.cepal.org/es/eventos/avances-economia-circular-america-latina-caribe-desafios-oportunidades-lograr-un-estilo>
- Céspedes, A. M. (2023). *La economía circular llega a la industria hortofrutícola: subproductos como materia prima para innovadores procesos productivos*. Obtenido de Hortobsertic: <https://bioeconomia.es/noticias/la-economia-circular-llega-a-la-industria-hortofruticola-subproductos-como-materia-prima-para-innovadores-procesos-productivos/>
- Chiavenato, I. (2019). *Introducción a la teoría general de la administración*. Obtenido de eBooks: <https://www-ebooks7-24-com.unipiloto.basesdedatosezproxy.com/?il=9167>
- CONGRESO DE COLOMBIA. (1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de Función Pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

- Correal, M., Faleiro, C., Piamonte, C., Rihm, J., & Zambrano, M. (Marzo de 2023). *Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <https://publications.iadb.org/es/sostenibilidad-financiera-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- D. Roca, & M.A. Fernández-Zamudio. (2014). *Evolución y retos futuros del sector ornamental español*. Obtenido de Redivia: [https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6346/2014\\_Roca\\_Evoluci%C3%B3n.pdf](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6346/2014_Roca_Evoluci%C3%B3n.pdf)
- DANE. (2022). *Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales - residuos sólidos (CAEFM-RS)*. Obtenido de DANE: <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/CAEFM-RS/bol-CAEFMRS-2020pr.pdf>
- DIAN. (2026). *Código CIIU 8130- Actividades Económicas DIAN*. Obtenido de DIAN: <https://actividadesdian.com/codigo-ciiu-8130/>
- Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas,. (2013). *Diccionario de datos*. Obtenido de SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México): [https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/indicadores/dambiental/Residuos%20s%C3%B3lidos/dd\\_ibda\\_residuos\\_solidos.pdf](https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/indicadores/dambiental/Residuos%20s%C3%B3lidos/dd_ibda_residuos_solidos.pdf)
- Ellen Macarthur Foundation. (2018). *Ciudades y economía circular de los alimentos*. Obtenido de Ellen Macarthur Foundation: <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/1ec90773620922b6/original/Ciudades-y-economia-circular-de-los-alimentos-Cities-and-circular-economy-for-food.pdf>

Escobar, C. D. (2015). *Residuos animales y vegetales*. Obtenido de Universidad de San Buenaventura:

[https://www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co/libros/2015/pdfs/residuos\\_animales\\_vegetales.pdf](https://www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co/libros/2015/pdfs/residuos_animales_vegetales.pdf)

FAO. (Septiembre de 2025). *Cosechar responsabilidad, compartir futuro: FAO y la Central de Abasto unen esfuerzos contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/ar/c/1743069/>

Flores López, J. L. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL*. Obtenido de eLibro: <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/30101?page=14>

Greentech. (2026). *Gestión de residuos en América Latina: desafíos y soluciones*. Obtenido de Greentech: <https://www.greentecher.com/gestion-residuos-america-latina/>

Grupo Banco Mundial. (Septiembre de 2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70% para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. Obtenido de Grupo Banco Mundial: <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>

ICA. (2011). *Resolución 0698 del 4 de Febrero de 2011*. Obtenido de ICA: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41620>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (2011). *Resolución 698 de 2011*. Obtenido de ICBF: [https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion\\_ica\\_0698\\_2011.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion_ica_0698_2011.htm)

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2022). *Buscador Reporte Bio - Listas rojas*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt:  
<https://reporte.humboldt.org.co/search.php?q=&idtopics%5B%5D=45&by=2&results=1&operator=OR&view=1&lang=es>

LA REPÚBLICA COLOMBIA. (2015). *DECRETO 1076 2015*. Obtenido de Función Pública:  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

López, M. D., Parra, J. P., & Gómez, L. M. (Marzo de 2014). *Logística Inversa y Verde*. Obtenido de e-bookshelf: <https://download.e-bookshelf.de/download/0003/5918/86/L-G-0003591886-0006929056.pdf>

Mahendra, R., Saurabh, A., Kumar, D., & Gulzar, M. (2024). *Introducción a la horticultura*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/386274937\\_Introduction\\_of\\_Horticulture#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/386274937_Introduction_of_Horticulture#fullTextFileContent)

MINAMBIENTE. (2019). *Resolución 2184 del 2019*. Obtenido de MinAmbiente:  
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-2184-de-2019.pdf>

Ministerio de Ambiente. (Diciembre de 2020). *Sector floricultor le apuesta a la economía circular*. Obtenido de Ministerio de Ambiente: <https://www.minambiente.gov.co/sector-floricultor-le-apuesta-a-la-economia-circular/>

Molina-Morejón, V., Espinoza-Arellano, J., Contreras-Martínez, J., & Díaz-Gurrola, E. (Octubre de 2025). *Gestión de residuos agroindustriales: un enfoque de bioeconomía circular*.

Obtenido de Gobierno de México:

<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3792/7783>

MUNDITOL. (2026). *CHIPEADORAS - TRITURADORAS SC 5540*. Obtenido de MUNDITOL:

<https://www.munditol.com/images/prensa/pdf/PDF/BEARCAT-Munditol.pdf>

ONU. (Marzo de 2021). *La economía circular: un modelo económico que lleva al crecimiento y*

*al empleo sin comprometer el medio ambiente*. Obtenido de ONU:

<https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>

Plataforma Tierra. (Diciembre de 2013). *La adopción de tecnología en los invernaderos hortícolas*

*mediterráneos*. Obtenido de Plataforma Tierra:

<https://www.plataformatierra.es/innovacion/subproductos-industria-hortofruticola-materia-prima-nuevos-procesos-productivos>

Ramirez, N. A. (2020). *ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL DE LA PÉRDIDA Y DESPERDICIO DE*

*ALIMENTOS EN LA CADENA AGROALIMENTARIA: CASO CENTRAL DE ABASTOS*

*DE BOGOTÁ (CORABASTOS)*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de

Caldas: [https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/913e8b1f-5c72-](https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/913e8b1f-5c72-4fb7-ad98-0273e8641893/content)

[4fb7-ad98-0273e8641893/content](https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/913e8b1f-5c72-4fb7-ad98-0273e8641893/content)

Ramírez, S. (2014). *Teoría general de sistemas de Ludwig Von Bertalanffy*. Obtenido de

Alfaomega:

[https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/889/free/data/cap1/Teoria\\_general\\_de\\_sistemas\\_tgsbertalanffy.pdf](https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/889/free/data/cap1/Teoria_general_de_sistemas_tgsbertalanffy.pdf)

- Regina J. Patinvoh, O. A. (2016). *Innovative pretreatment strategies for biogas production. Chapter 2.2.1 Lignocellulosic wastes*. Obtenido de ScienceDirect: [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852416316042](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852416316042)
- República de Colombia Instituto Nacional de Salud. (2010). *Manual de Gestión Integral de Residuos*. Obtenido de Minsalud: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/manual-gestion-integral-residuos.pdf>
- Rojas López, M. D. (2014). *Logística Inversa y verde: Sostenibilidad y medio ambiente*. Ediciones de la U.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación 6ta edición*. Obtenido de Periodico Oficial del Estado de Jalisco, México.: [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Sensoneo. (Junio de 2025). *Global Waste Index 2025*. Obtenido de Sensoneo: <https://www.sensoneo.com/es/global-waste-index/2025/>
- Silvera, R. (2023). *LOGÍSTICA XY PLUS GESTIÓN Y SOSTENIBILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO*. Ecoe ediciones.
- Superservicios. (Diciembre de 2023). *Disposición final de residuos solidos 2023*. Obtenido de Superservicios: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos-2023.pdf>

- Tinoco Valencia, R., & Serrano Carreón, L. (2021). *Potencial de los residuos lignocelulósicos para impulsar el desarrollo sustentable*. Obtenido de Revista de divulgación del Instituto de Biotecnología de la UNAM:  
[https://biotecmov.ibt.unam.mx/numeros/27/PDFs/bm\\_27\\_1.pdf](https://biotecmov.ibt.unam.mx/numeros/27/PDFs/bm_27_1.pdf)
- Vázquez, J. F. (2008). *Logística Inversa*. Obtenido de Dialnet:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3346655>
- Velazquez , M. B. (2006). *Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética*. Obtenido de eLibro:  
<https://elibro.net/en/ereader/unipiloto/25180?page=6>

*Anexo 1. Resultado vigilancia tecnológica.*

| Clasificación                                                                                           | No. | Título                                                                                         | Autor(es)                                                | DOI                        | Revista que lo Publica             | Año  | Continente | País    | Tipo de Documento  | Subclasificación | No. de Veces de Citación |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|------|------------|---------|--------------------|------------------|--------------------------|
| Procesos logísticos de retorno en residuos lignocelulósicos por actividades de horticultura ornamental. | 1   | Lignin from Plant-Based Agro-Industrial Biowastes: From Extraction to Sustainable Applications | Mateo, S.; Fabbri, G.; Moya, A.J.                        | 10.3390/polym17070952      | Polymers                           | 2025 | Europa     | España  | Capítulo de libro. | X                | 25                       |
|                                                                                                         | 2   | Conversion of lignocellulosic biomass waste into mycoprotein: current status and               | Ng, Z.Y.; Kee, P.E.; Abdullah, R.; Lim, J.W.; Khoo, K.S. | 10.1007/s13399-024-05582-2 | Biomass Conversion and Biorefinery | 2025 | Asia       | Malasia | Artículo           | X                | 13                       |

future  
directions  
for  
sustainable  
protein  
production.

|   |                                                                                                                             |                                               |                              |                                             |      |        |           |         |   |    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|------|--------|-----------|---------|---|----|
| 3 | N-P co-doped hierarchically porous biochar from walnut shells: Enhanced methylene blue adsorption and mechanistic insights. | Yu, T.; Luo, J.; Liu, H.; Zhang, Y.; Chen, X. | 10.1016/j.seppur.2024.133668 | Separation and Purification Technology      | 2025 | Asia   | China     | Article | X | 13 |
| 4 | Valorization of palm petiole waste as natural biocoagulant                                                                  | Zourif, A.; Kouniba, S.; El Guendouzi, M.     | 10.1016/j.bcab.2025.103473   | Biocatalysis and Agricultural Biotechnology | 2025 | África | Marruecos | Article | X | 13 |

ants:  
Optimizing  
coagulation-  
floculation  
for  
sustainable  
wastewater  
treatment  
and  
advancing  
circular  
economy  
in  
agriculture.

|   |                                                                                                          |                       |                            |                                |      |      |       |          |   |   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|------|------|-------|----------|---|---|
| 5 | Harnessing carbon potential of lignocellulosic biomass: advances in pretreatments, applications, and the | Nair, L.G.; Verma, P. | 10.1186/s40643-025-00863-5 | Bioresources and Bioprocessing | 2025 | Asia | India | Revision | X | 9 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|------|------|-------|----------|---|---|

transformative role of machine learning in biorefineries.

|   |                                                                                                                               |                                                      |                               |                               |      |      |       |          |   |   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|------|-------|----------|---|---|
| 6 | Circular economy in bihydrogen: A state-of-the-art review on advances in sustainable production, storage, and transportation. | Sharma, A.K.; Ghodke, P.K.; Chen, W.-H.; Patel, A.K. | 10.1016/j.jclepro.2024.145305 | Journal of Cleaner Production | 2025 | Asia | India | Revision | X | 7 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|------|-------|----------|---|---|

|   |                                                                                                                                              |                                                                       |                                |                                                    |      |        |          |          |   |   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|------|--------|----------|----------|---|---|
| 7 | Recent developments in lignocellulosic banana fiber-based biocomposites and their potential industrial applications: A comprehensive review. | Azriena, H.A.A.; Kaur, K.; Ilyas, R.A.; Sapuan, S.M.; Mahardika, M.   | 10.1016/j.ijbiomac.2024.147180 | International Journal of Biological Macromolecules | 2025 | Asia   | Malasia  | Revisión | X | 6 |
| 8 | Furfural from lignocellulose biomass: a comprehensive review of hydrolysis methods, production technologies                                  | Bakili, S.; Kivevele, T.; Kichonge, B.; Salifu, A.A.; King'onde, C.K. | 10.1007/s43621-025-00670-3     | Discover Sustainability                            | 2025 | África | Tanzania | Revisión | X | 5 |

ies and  
integratio  
n into the  
circular  
economy.

|        |                                                                                                                                                              |                                                                                  |                                |                          |          |        |               |              |   |   |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------|--------|---------------|--------------|---|---|
| 9      | Sustainab<br>le<br>biodiesel<br>productio<br>n from<br>agricultur<br>al<br>lignocellu<br>losic<br>waste via<br>oleaginou<br>s<br>microbial<br>processes<br>. | Intasit, R.;<br>Kim, B.S.                                                        | 10.1186/s12896-025-<br>00988-3 | BMC<br>Biotechnol<br>ogy | 20<br>25 | Asoa   | Tailan<br>dia | Artícul<br>o | X | 4 |
| 1<br>0 | Torrefacti<br>on of<br>lignocellu<br>losic<br>biomass:<br>a<br>pathway<br>to<br>renewabl                                                                     | Chandrase<br>kharan<br>Nair, S.;<br>John, V.;<br>Geetha<br>Bai, R.;<br>Kikas, T. | 10.3390/su17177738             | Sustainabil<br>ity       | 20<br>25 | Europa | Estoni<br>a   | Artícul<br>o | X | 4 |

e energy,  
circular  
economy,  
and  
sustainabl  
e  
agricultur  
e.

---