



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR DIRIGIDO A LA
OPTIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
VEGETALES GENERADOS EN LA EMPRESA FLORES NARVÁEZ DEL
MUNICIPIO DE CHÍA, CUNDINAMARCA**

Paula Andrea Narváez Rivera
Karen Daniela Robayo Martínez

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
Noviembre, 2023

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR DIRIGIDO A LA
OPTIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
VEGETALES GENERADOS EN LA EMPRESA FLORES NARVÁEZ DEL
MUNICIPIO DE CHÍA, CUNDINAMARCA.**

Paula Andrea Narváez Rivera
Karen Daniela Robayo Martínez

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

Director:
Carlos Eduardo Quintero Murillo

Línea de Investigación:
Gestión integral sustentable

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2023

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

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

Tabla de contenido

1 Introducción.....	13
2 Planteamiento del problema.....	15
2.1 Pregunta de investigación.....	17
3 Justificación	17
4 Objetivos general y específicos.....	19
4.1 Objetivo general	19
4.2 Objetivos específicos.....	20
5 Marco de referencia	20
5.1 Marco geográfico y descripción del territorio	20
5.2 Estado del arte	23
5.3 Marco Teórico - Conceptual	26
5.4 Marco institucional.....	31
5.6 Marco legal y normativo	33
6 Metodología.....	37
6.1 Unidad de análisis	37
6.2 Método general.....	37
6.3 Enfoque general.....	38
6.4 Alcance general	38
6.5 Enfoque y Alcance del objetivo específico 1	38
6.6 Enfoque y Alcance del objetivo específico 2	45
6.7 Enfoque y Alcance del objetivo específico 3	47
7 Plan de trabajo	50
8 Aspectos Éticos	55
9 Resultados, Análisis y discusión.....	55
9.1 Dimensión Ecológica	59
9.2 Dimensión Social	74
9.3 Dimensión Económica	76
10 Conclusiones	96
11 Recomendaciones.	98
12 Referencias Bibliográficas	100
13 Anexos.	111
13.1 Anexo. Árbol de problemas	111
13.2 Anexo. Presupuesto.....	112
13.3 Anexo. Cronograma de actividades	112
13.4 Anexo. Entrevista semiestructurada	113

Listado de tablas

Tabla 1. *Marco legal y normativo*

Tabla 2. *Matriz metodológica de variables por dimensión ambiental*

Tabla 3. *Matriz de resultado de la evaluación multicriterio*

Tabla 4. *Escala de evaluación de las alternativas dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Tabla 5. *Matriz de costeo del sistema de economía circular para la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Tabla 6. *Matriz metodológica general para el desarrollo del proyecto investigativo*

Tabla 7. *Agroquímicos empleados para el cultivo de Alstroemerias en la Empresa Flores Narváez*

Tabla 8. *Las 5 reglas de oro para el manejo de agroquímicos*

Tabla 9. *Costos de aprovechamiento de residuos en la Empresa 2*

Tabla 10. *Costos de aprovechamiento de residuos en la Empresa 3*

Tabla 11. *Costo total del aprovechamiento de residuos en la empresa 2 y 3*

Tabla 12. *Análisis multicriterio de las alternativas dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Tabla 13. *Costos de instalación sistema de economía circular*

Tabla 14. *Costo total del sistema de economía circular*

Listado de Figuras

Figura 1. *Estructura del planteamiento del problema*

Figura 2. *Cartografía de la zona de estudio*

Figura 3. *Estructura de marco teórico*

Figura 4. *Diagrama marco conceptual*

Figura 5. *Organigrama de actores involucrados en el proyecto*

Figura 6. *Diagrama metodológico*

Figura 7. *Plan de trabajo*

Figura 8. *Cartografía de la Empresa Flores Narváez*

Figura 9. *Plano de la Empresa Flores Narváez*

Figura 10. *Sistema de aprovechamiento de residuos en la Empresa 2*

Figura 11. *Sistema de aprovechamiento en la Empresa 3*

Figura 12. *Proceso del compostaje convencional en la Empresa Flores Narváez (Empresa 2)*

Figura 13. *Tiempo de degradación del material vegetal*

Figura 14. *Sobrecumulación de residuos en la Empresa 2 (Empresa Flores Narváez - objeto de estudio)*

Figura 15. *Educación ambiental acerca del aprovechamiento de los residuos vegetales en la floricultura*

Figura 16. *Asistencia técnica acerca del aprovechamiento de los residuos vegetales en la floricultura*

Figura 17. *Número de colaboradores en el proceso*

Figura 18. *Tiempo vs Costo de la mano de obra del aprovechamiento de residuos vegetales en las empresas*

Figura 19. *Representación gráfica del sistema*

Figura 20. *Plano de la empresa con zoom en el área dónde se va a ubicar el sistema*

Figura 21. *Portada de la guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular.*

Figura 22. *Índice de guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular.*

Figura 23. *Iconos de economía circular*

Figura 24. *Diagrama del proceso de economía circular*

Figura 25. *Costo del tiempo dedicado al aprovechamiento de residuos con el sistema de economía circular*

durante

la

temporada

alta

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1. *Cálculo del área de aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa 2*

Ecuación 2. *Cálculo de la capacidad máxima para el aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa 2*

Ecuación 2.1. *Capacidad disponible para el aprovechamiento de residuos vegetales en temporada alta en la Empresa 2*

Ecuación 2.2. *Residuos generados en temporada alta en la Empresa 2*

Ecuación 2.3. *Sobreacumulación de residuos*

Ecuación 3. *Cálculo del área del volumen*

Ecuación 4. *Área de cubrimiento de la cantidad de abono producido*

Resumen

La presente investigación propone el diseño de un sistema de economía circular con la finalidad de optimizar el aprovechamiento de los residuos vegetales, el cual se basa en maximizar el valor de los recursos y minimizar la generación de residuos, como una estrategia encaminada al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, en el marco de la gestión ambiental empresarial. Para lo cual, se estableció una recopilación de información a partir de fuentes primarias con el trabajo en campo y fuentes secundarias mediante el análisis documental de la problemática referente al aprovechamiento ineficiente de los residuos vegetales en la Empresa Flores Narváez ubicada en el municipio de Chía (Cundinamarca), desde las tres dimensiones ambientales: ecológica, económica y social, obteniendo así una caracterización de la situación actual frente te al manejo de residuos vegetales en la empresa.

Posteriormente se identificaron alternativas potenciales de aprovechamiento de material vegetal, destacándose el vermicompost, los microorganismos eficientes, el compostaje de tambor rotatorio-vermicompost y el bocashi. Las anteriores alternativas, se sometieron a evaluación mediante un análisis multicriterio basado en los tres pilares del desarrollo sostenible, donde los Microorganismos eficientes representaron la elección óptima. Finalmente, se estableció el modelo del sistema de economía circular con la inclusión de la alternativa, los lineamientos técnico-ambientales para su implementación, las condiciones de infraestructura del lugar y costeo del diseño, una manera de cerrar el ciclo que no representa mayores gastos o menos ingresos a los agricultores, que tiene un estimado de \$, cuya inversión genera una serie de beneficios ambientales desde el momento de su implementación, como la disminución de aportes externos para el mantenimiento de los cultivos, la reducción del tiempo de descomposición de los residuos a 3 meses aproximadamente por procesos de fermentación, así como la disminución de la proliferación de vectores, olores ofensivos y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) lo que conduce a salvaguardar el bienestar humano. A partir de lo anterior, se destaca la importancia del apoyo técnico y científico dirigido a los pequeños productores para potenciar de forma sostenible el ejercicio de su actividad productiva.

Abstract

This research proposes the design of a circular economy system in order to optimize the use of vegetable waste, which is based on maximizing the value of resources and minimizing waste generation, as a strategy aimed at meeting the objectives of sustainable development, within the framework of corporate environmental management. For which, a compilation of information was established from primary sources with field work and secondary sources through documentary analysis of the problems related to the inefficient use of plant residues in the Flores Narváez Company located in the municipality of Chía (Cundinamarca), from the three environmental dimensions: ecological, economic and social, thus obtaining a characterization of the current situation regarding the management of plant residues in the company.

Subsequently, potential alternatives for the use of plant material were identified, highlighting vermicompost, efficient microorganisms, rotary drum composting-vermicompost and bocashi. The above alternatives were evaluated by means of a multi-criteria analysis based on the three pillars of sustainable development, where efficient microorganisms represented the most optimal choice. Finally, the model of the circular economy system was established with the inclusion of the alternative, the technical-environmental guidelines for its implementation, the infrastructure conditions of the site and the cost of the design, a way to close the cycle that does not represent greater expenses or less income for the farmers, which has an estimated cost of \$, whose investment generates a series of environmental benefits from the moment of its implementation, The investment generates a series of environmental benefits from the moment of its implementation, such as the reduction of external contributions for crop maintenance, the reduction of waste decomposition time to approximately 3 months due to fermentation processes, as well as the reduction of vector proliferation, offensive odors and greenhouse gas emissions (GHG), which leads to safeguarding human welfare. Based on the above, the importance of technical and scientific support for small producers to sustainably enhance the exercise of their productive activity is highlighted.

1. Introducción

Colombia es reconocido internacionalmente por albergar una gran diversidad de especies de flores, debido a que se encuentra ubicado en una región geográfica que le permite contar con una variedad de pisos térmicos por su topografía y condiciones climatológicas idóneas, que permiten el desarrollo de la agricultura en el país (Minambiente, 2019, p.1; Montero, 2023, p.1). Estas condiciones geográficas y ecológicas propiciaron el surgimiento de la industria de flores en Colombia durante la primera mitad de la década de los años sesenta, mediante la adaptación de las técnicas de cultivo de Estados Unidos, como país de origen de esta industria. Esto con el objetivo de instaurar la floricultura en el mercado local y promover la exportación de flores hacia Estados Unidos (Marín y Rangel, 2000, p. 29).

En la actualidad se cuenta con una significativa participación en el sector floricultor con la consolidación de diferentes organizaciones representativas del gremio, que instruyen procesos de gestión ambiental, núcleos empresariales de cultivadores y proveedores (Asocolflores, 2020a, p.1) en todo el territorio colombiano. En aproximadamente 8.900 hectáreas dedicadas a la floricultura, distribuidas principalmente en los departamentos de Cundinamarca (66%), seguido de Antioquia (33%), así como Eje Cafetero, Cauca y Nariño con el restante (1%) del total general (Ceniflores, 2021, p.1). Como resultado de lo anterior, se dio una ampliación en la cobertura de sus exportaciones a más de 100 mercados, entre los que se encuentran Estados Unidos (75%), seguido de Canadá, Holanda y Reino Unido (4%), así como Japón (3%), al igual que España (2%) y otros con el (8%) restante (Ceniflores, 2021, p.1; Equipo de Redactores Legis, 2022, p.1).

De esta manera, el país se posiciona como el primer exportador de flores de América Latina y el segundo exportador de flores después de Holanda a nivel mundial (Equipo de Redactores Legis, 2022, p.1). A nivel nacional, constituye el segundo mercado más grande de exportación del agrocolombiano, sucediendo al café; por lo tanto, el sector floricultor respaldado por cifras del DANE (2022, p.20), alcanzó US\$130,3 millones en exportaciones declarados a corte del año 2022 según fechas de embarque. De esta manera, el sector floricultor aporta alrededor del 7% del PIB agropecuario nacional (Equipo de Redactores Legis, 2022, p.1), sumado a los 140 mil empleos directos (69%) e indirectos (31%) que genera, distribuidos principalmente en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia (Asocolflores, 2019, como se citó en CEDAIT, 2020, p.1).

Producto de esta actividad, se generan subproductos como los residuos vegetales que son tratados como una oportunidad de ser aprovechados por medio de su reincorporación al proceso productivo, bajo una técnica denominada compostaje convencional que genera aportes de materia orgánica representada como bioabono a suelos florícolas (Asocolflores et al., 2002, p. 66). Sin embargo, presenta una serie de limitaciones al tratarse de una técnica que varía drásticamente en el tiempo, desde varias semanas hasta varios meses para culminar su proceso (Alkoaik, 2019, p. 1), a la vez que se generan riesgos en su proceso a causa del empleo de material que no ha finalizado correctamente su transformación, como pueden ser la fitotoxicidad, el bloqueo biológico del nitrógeno, la reducción de oxígeno radicular, el exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua (Román et al., 2013, p. 22).

En razón a lo anterior, ha surgido la necesidad de promover la transición efectiva de los sistemas tradicionales a sistemas propios de la economía circular para el manejo de los residuos vegetales

(Cadena, 2022, pp. 26-27). Para ese efecto se consideró una propuesta encaminada al diseño de un sistema de economía circular a partir de la optimización del compostaje tradicional de un cultivo de *Alstroemerias* para una mejor gestión ambiental empresarial. Estudio de caso: empresa Flores Narváez, municipio de Chía (Cundinamarca), ya que allí se generan volúmenes significativos de residuos vegetales por la temporada alta del mes de las madres.

Esta investigación se estructura en tres secciones. La sección I comprende la contextualización de la temática abordada en el proyecto de investigación, además de los argumentos por los cuales se desarrolla la problemática, de manera que, se realiza un diagnóstico de la zona de estudio mediante la recopilación de información en fuentes primarias y secundarias. En la sección II, se presentan los avances respecto a la temática abordada en los distintos niveles de jurisdicción (local, regional y global), que constituye la investigación y configura los apartados de esta para el cumplimiento de los objetivos. Adicionalmente se realiza un compendio focalizado de la legislación ambiental vigente a nivel nacional e internacional que cubre el proyecto de investigación, a la vez que se mencionan los actores involucrados tanto en el sector floricultor como en el desarrollo del proyecto de investigación. Por último, en la sección III, se presenta la estrategia de trabajo utilizada para dar cumplimiento a los objetivos, junto con los resultados obtenidos a partir de esta, el análisis y discusión, conclusiones y recomendaciones respectivas.

Se espera que este documento contribuya a futuras investigaciones interesadas en incursionar en la temática abordada, puesto que se encarga de brindar atención a una problemática latente en los cultivos de flores de pequeña escala que no cuentan con una eficiente gestión empresarial ambiental para la planificación del manejo de los residuos vegetales. Se trata de un proyecto de investigación que demuestra la importancia de continuar con la implementación progresiva de sistemas de economía circular y así proporcionar una oportunidad significativa para prevenir los impactos negativos asociados a esta actividad económica.

2. Planteamiento del problema

Para poder abordar el planteamiento del problema central identificado, fue necesario en primer lugar reconocer el contexto general de la situación, en el cual se discutió acerca de la gestión ambiental empresarial en el sector floricultor de pequeña escala, sus dificultades y deficiencias. En segundo lugar, se determinó el contexto particular, en el que se reconoció la ausencia de planeación ambiental por parte de la empresa Flores Narváez ubicada en Chía - Cundinamarca. Finalmente, se estableció el contexto específico, en el cual se identificó el aprovechamiento ineficiente de los residuos vegetales en la empresa floricultora. La estructura en cuestión se muestra en la Figura 1 a continuación:

Figura 1. Estructura del planteamiento del problema



En Colombia las primeras regulaciones y Autoridades Territoriales Ambientales (ATA) se establecieron en la década de los años cincuenta con el propósito de implementar proyectos y programas para la preservación de los recursos naturales (Granada, 2009, p. 3). En adelante, por medio de la Constitución Política de 1991, las instituciones ambientales asumieron la responsabilidad de prevenir y regular las actividades y aspectos que pudieran conducir a la degradación ambiental (Granada, 2009, p. 4).

Sin embargo, en el país el desarrollo se quedó en manos de los resultados de las organizaciones, que hasta finales del siglo XX consideraron el tema ambiental, pero como algo secundario en sus procesos, limitándose a cumplir con las normas ambientales fundamentadas en el saneamiento, sin acortar su visión utilitarista del ambiente que caracteriza al sector privado, resultando en el detrimento de las matrices ambientales y en una reducción de la competitividad de dichas organizaciones frente a los mercados internacionales (Granada, 2009, pp. 10-11; Guhl y Leyva, 2015, pp. 32-33). Esto es un reflejo de una gestión ambiental empresarial débil y limitada por problemas sociopolíticos e intereses económicos a corto plazo (Guhl y Leyva, 2015, p. 37).

El sector floricultor en Colombia, líder en el mercado mundial de flores que exporta el 95% de su producción total (Portal de Exportaciones - Colombia Trade, 2019, p.1), no se encuentra exento de presentar una serie de desafíos a nivel ambiental relacionados con la ausencia y/o una deficiente gestión empresarial ambiental (Asocolflores et al., 2002, p. 14), particularmente en las empresas floricultoras a pequeña escala, lo que limita tomar en cuenta la variable ambiental en sus operaciones, resultando en impactos sobre diferentes factores ambientales.

De acuerdo con las cifras expuestas en el último Censo Nacional Agropecuario del 2014, para el desarrollo de actividades agropecuarias tan solo el 16,5 % de los productores recibieron alguna asistencia técnica; a su vez, solamente el 16,4 % de los productores manifestaron contar con maquinaria, que al desagregar por uso agrícola, para el manejo se dirige un 68,6%, cosecha un 19,3%, preparación y siembra un 11,3% y el restante 0,7% a la postcosecha; de forma similar

sucede con las construcciones donde únicamente el 16,4% de los productores declararon tener construcciones empleadas para el manejo, almacenamiento y transformación de sus productos; y en torno al financiamiento el 10,7% de los productores solicitaron un crédito con una aprobación del 88,4% (DANE, 2015, pp. 1-29).

Lo anterior, influye en la planeación de las actividades necesarias dentro de sus operaciones, así como en la demanda de insumos, bienes y servicios necesarios, que pueden generar o impedir una serie de impactos ambientales negativos sobre el proceso productivo, los ecosistemas y las matrices ambientales que los conforman (Cadena, 2022, p. 2; Asocolflores et al., 2002, p. 42).

En lo que respecta al manejo de los residuos vegetales al interior de un cultivo de flores, estos se pueden convertir en una amenaza ambiental cuando no se planifican las acciones necesarias para un manejo eficiente de los mismos, siendo un foco de vectores, fuente de gases de efecto invernadero (GEI), así como potencial responsable de la eutrofización hídrica por su disposición accidental o fortuita en cuerpos de agua (Asocolflores et al., 2002, p. 65). Frente al escenario, donde la aplicación de sistemas de innovación necesarios para la gestión ambiental enfocada a los residuos no crece a la misma velocidad que su generación, como se demuestra actualmente en América Latina y el Caribe donde aproximadamente el 70% del total de los residuos recolectados se deposita en rellenos sanitarios, a su vez, más del 20% tiene como destino vertederos abiertos, y menos del 0,1 % de los residuos son dirigidos a un tratamiento como el compost, lo que resulta en un desaprovechamiento de los residuos (De Miguel et al., 2021, p.19).

En el caso de la empresa Flores Narváez en Chía, dedicada a la producción, exportación y comercialización de flores de la especie *Alstroemeria*, enfrenta un desafío ambiental debido a la gran generación de volúmenes de subproductos en la fase de postcosecha por el incremento en la producción del cultivo (Abuchaibe, 2020, p. 9). La empresa implementó el compostaje convencional como estrategia de aprovechamiento de los residuos vegetales, pero esta técnica no resultó óptima ya que genera sobreacumulación de material vegetal difícil de manejar que ocupa espacio destinado al cultivo, genera vectores, malos olores y lixiviados (H. Narváez, comunicación personal, 8 de marzo de 2022). Lo cual perjudica la productividad del cultivo de *Alstroemerias*, obteniendo un aprovechamiento ineficiente de los residuos vegetales en la empresa, lo que constituye una problemática latente en la empresa (P. Narváez, comunicación personal, 8 de marzo de 2022).

2.1. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las especificaciones técnicas que debe tener el sistema de economía circular para optimizar el aprovechamiento de los residuos vegetales que se realiza en el cultivo de flores en la empresa Flores Narváez?

3. Justificación

Frente a la participación del sector floricultor en el mercado nacional e internacional, resulta indispensable priorizar y atender las problemáticas que atraviesa. Por tanto, la presente investigación se ocupa de subrayar la importancia de investigar y adoptar alternativas innovadoras y eficientes dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales, en virtud de los impactos positivos que genera en diversos aspectos ambientales, desde el incremento en el rendimiento operacional hasta la disminución de las emisiones de carbono asociadas a la

descomposición de los residuos. Al considerar que aproximadamente el 93% de los residuos generados por la actividad floricultora corresponden a residuos vegetales (Cadena, 2022, p.5, como se citó en García et al., 2019), además de las deficiencias de las técnicas convencionales utilizadas actualmente en la actividad floricultora para el aprovechamiento de los residuos vegetales (Asocolflores et al., 2002, p. 4), se justifica este trabajo de investigación desde una perspectiva de la ingeniería ambiental, generando un sistema de economía circular con base en el aprovechamiento de los residuos vegetales, que busca orientar procesos de gestión empresarial ambiental entre los productores de flores, con el propósito de maximizar el potencial de la actividad en la incorporación de diversas tipologías de innovación a diferentes niveles y mejorar el desempeño ambiental mediante el aprovechamiento eficaz de los residuos y así evitar que se conviertan en un riesgo sanitario por su inadecuado manejo (Asocolflores et al., 2002, p. 31; Gobierno de la República de Colombia, 2019, p. 8).

Lo cual, de forma complementaria permite acoger los principios de la economía circular por parte de los pequeños productores interesados en efectuar prácticas sostenibles para alcanzar una competitividad ambiental en el sector floricultor, y de ese modo optimizar al máximo el rendimiento de los recursos naturales haciendo que los subproductos siempre circulen hasta el ciclo máximo de utilidad en los sistemas productivos (Cerdà y Khalilova, 2016, p.12), lo que conlleva a una reducción significativa de la presión ambiental en el ciclo de vida de los productos de la floricultura (De Miguel et al., 2021, p. 10). Además, de ser una transición vital por su contribución al cumplimiento los objetivos del Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible desde el sector primario como base de la economía colombiana (Schröder, et al., 2020, p. 8), en relación con el ODS 9 “Industria, innovación e infraestructuras”, en especial su meta 9.4.

De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas. (Naciones Unidas, 2015, p. 1), así como su meta 9.5

Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos del sector público y privado en investigación y desarrollo. (Naciones Unidas, 2015, p. 1)

Dado que se propende por la promoción de una inversión pública y privada en investigación y apoyo técnico con énfasis en la implementación de una gestión empresarial ambiental en los sistemas productivos de pequeña envergadura acorde a las necesidades en materia de sostenibilidad y la capacidad ambiental con la que se cuente. Esto conlleva, a considerar diferentes alternativas que llegan a contribuir en la optimización del compostaje convencional actualmente empleado para el aprovechamiento de los residuos vegetales, entre las que se encuentran: el compostaje y vermicompost, los microorganismos eficientes (grupos microbianos), el compost bokashi (proceso anaerobio) y el vermicompostaje (empleo de especies de anélidos y microorganismos), que pueden ser más o menos eficientes dependiendo de su viabilidad ambiental en el cultivo de flores de la empresa Flores Narváez (Pottipati et al., 2022, pp. 33-43; Tanya et al., 2019, p. 93; Lew et al.,

2021, p. 1; Herrera y Pérez, 2022, p. 71). En la búsqueda de un incremento en la productividad agrícola respecto al ciclaje de nutrientes; el manejo interno de los lixiviados, evitando la proliferación de vectores y malos olores; la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la descomposición de los residuos; la reducción del tiempo de maduración del abono orgánico; la redistribución estratégica de los recursos monetarios para la disposición final de los residuos y finalmente trabajar con el espacio físico disponible para este propósito (FAO y MADS, 2018, pp. 94-107; Román, 2013, pp. 1-107).

De igual forma, existe conexión con el ODS 12 “Producción y consumo responsables”, con énfasis en sus metas 12.2 “De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales” (Naciones Unidas, 2015, p. 1) y 12.8a “Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles” (Naciones Unidas, 2015, p. 1), al considerar la gestión sostenible entre los pequeños productores del sector floricultor en Colombia, planificando el aprovechamiento eficaz de los subproductos resultantes de la etapa de postcosecha, por medio de la incorporación de tecnología de vanguardia que propendan por la circularidad de los procesos, esto acorde a los requerimientos de carácter ambiental de los grupos de interés sin comprometer el equilibrio de las matrices ambientales que conforman los sistemas productivos y de otros que se puedan ver influenciados y/o impactados, y de esta manera lograr una mayor visibilidad y participación en el mercado.

Es así como la investigación propuesta proporciona información clave, al reconocer las necesidades que enfrentan las comunidades dedicadas a la floricultura en torno al mejoramiento de su actividad, puesto que el desarrollo la misma determina entre otros factores el estado de su calidad de vida, para el diseño de políticas públicas a nivel municipal dirigidas al fomento de prácticas sostenibles en el ámbito empresarial del agro colombiano más específicamente entorno a la gestión integral de los residuos vegetales, buscando que este proceso sea adelantado por las autoridades ambientales junto con la participación social, con el propósito de nutrir la transformación ambiental regulada de la agricultura en Colombia.

4 Objetivos general y específicos

4.1 Objetivo general

Proponer el diseño de un sistema de economía circular a partir de la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales en un cultivo de *Alstroemeria* para una mejor gestión ambiental empresarial. Estudio de caso: empresa Flores Narváez, municipio de Chía (Cundinamarca).

4.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar la situación actual frente al manejo de residuos vegetales de la empresa floricultora a partir del trabajo en campo.
2. Evaluar alternativas para la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales que se adapten a las condiciones de la finca a través de un análisis multicriterio.
3. Establecer el modelo y los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular para contribuir con el progreso de la gestión empresarial ambiental de la empresa.

5. Marco de referencia

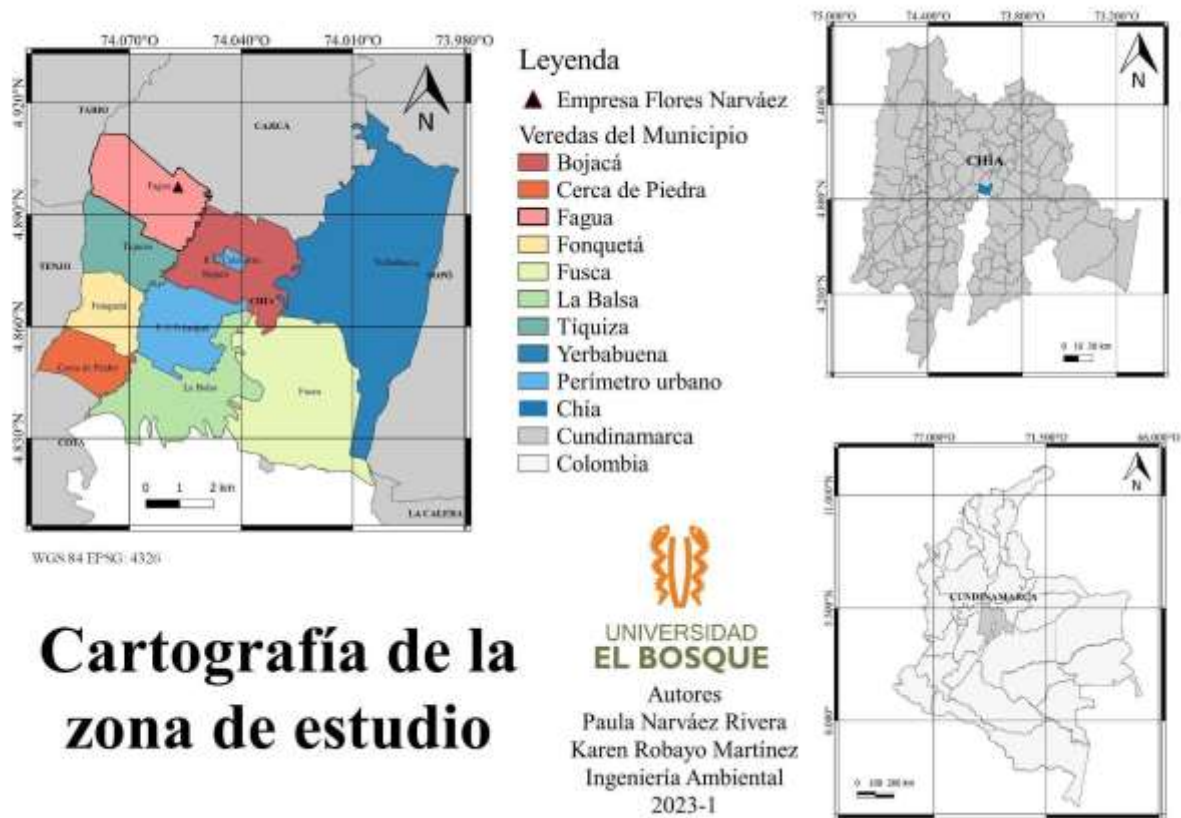
Este capítulo se elaboró con el propósito de reunir los marcos que sirvieron de contexto para la investigación que se llevó a cabo. Se trata del punto de referencia que sirve para orientar la investigación en cuanto a los avances de la investigación alrededor de la temática abordada, las teorías y conceptos que le acompañan, así como al área de influencia donde se realizó el estudio, las normas y leyes que lo amparan. De acuerdo con lo anterior, el capítulo se estructuró en las siguientes secciones: marco geográfico y descripción del territorio, estado del arte, marco teórico-conceptual y el marco legal y normativo, tal como se muestra a continuación:

5.1. Marco geográfico y descripción del territorio

El estudio de caso de la empresa Flores Narváez en el municipio de Chía (Cundinamarca) proporciona un contexto específico para la implementación de un sistema de economía circular en el cultivo de Alstroemeria en la empresa. En este sentido, se presenta la ubicación de la zona de estudio a nivel nacional, departamental, municipal y local, se describen los desafíos y oportunidades particulares asociados con esta empresa y su ubicación geográfica, así como las características del mercado y las condiciones ambientales existentes.

De este modo, se expone la cartografía de la localización que comprende la República de Colombia y su respectiva división política-administrativa, dentro de ella se resalta el departamento de Cundinamarca en el que se encuentra el municipio de Chía, destacando la vereda Fagua en la que se ubica la empresa floricultora Flores Narváez como lugar de interés cómo se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Cartografía de la zona de estudio



El municipio de Chía se encuentra ubicado en la Provincia de Sabana Centro a 19 km al norte de Bogotá D.C, el cual forma parte de su región metropolitana (Contreras, 2017, p. 15). Geográficamente, el municipio está ubicado en el altiplano cundiboyacense (Cordillera Oriental de los Andes) a una altitud promedio de 2550 msnm (Cristancho et al., 2020, p. 17), los límites del municipio se extienden entre los cerros orientales (Pan de Azúcar) y los cerros occidentales (La Valvanera) y es atravesado por los ríos Bogotá y Río Frío, convirtiéndose estos en los elementos de conectividad ecológica más importantes del municipio; de este modo, limita al norte con el municipio de Cajicá, al sur con los municipios de Cota, La Calera y Bogotá, por el occidente con los municipios Tenjo y Tabio y al oriente con el municipio de Sopó (Secretaría de Planeación, 2021, p. 4). El área del suelo rural es de 74,45 Km² y el suelo urbano de 6,3 Km² para una extensión total del municipio de aproximadamente 80,44 Km² (Secretaría de Hacienda, 2021, p. 9) y su temperatura promedio es de 13.4°C (Secretaría de Hacienda, 2021, p. 13).

El municipio de Chía está ubicado en la Provincia de Sabana Centro, a 19 km al norte de Bogotá D.C. y hace parte de su región metropolitana (Contreras, 2017, p. 15). La altitud promedio del municipio es de 2550 msnm y su territorio se extiende entre los cerros orientales (Pan de Azúcar) y los occidentales (La Valvanera), lo que corresponde al altiplano Cundiboyacense de la Cordillera Oriental de los Andes (Cristancho et al., 2020, p. 17). Los ríos Bogotá y Río Frío son elementos importantes para la conectividad ecológica del municipio Chía, el cual limita al norte con el municipio de Cajicá, al sur con los municipios de Cota, La Calera y Bogotá, al occidente con los

municipios de Tenjo y Tabio y al oriente con el municipio de Sopó (Secretaría de Planeación, 2021, p. 4). El área total del municipio es de aproximadamente 80,44 km², de los cuales 74,45 km² son de suelo rural y 6,3 km² de suelo urbano (Secretaría de Hacienda, 2021, p. 9) y su temperatura media es de 13,4°C (Secretaría de Hacienda, 2021, p. 13).

El territorio de esta zona se caracteriza principalmente por la estructura orográfica de los Cerros Orientales y Occidentales, y en menor medida por el valle de los ríos Bogotá y Frío, que presenta un terreno plano (Secretaría de Hacienda, 2021, p. 10). Está compuesta por ocho veredas, que son Bojacá, Yerbabuena, Fusca, La Balsa, Cerca de Piedra, Fonquetá, Tíquiza y Fagua. Además, incluye 135 Sectores Rurales y dos áreas urbanas: el Sector Urbano Principal y el Sector Urbano de Mercedes de Calahorra, ubicado en la vereda Bojacá (Cristancho et al., 2020, p. 18).

De acuerdo con el informe Sabana Centro Cómo Vamos (2021) de la Universidad de la Sabana, Chía es el municipio más poblado y con la densidad poblacional más alta en la provincia con 155.541 habitantes y 2.047 habitantes/km² respectivamente (pp. 18 y 23). En consecuencia, Chía ha experimentado un importante desarrollo urbanístico en los últimos años, en el que predomina la construcción de edificios y conjuntos de residencias para la estratificación media-alta y alta (Contreras, 2017, p. 52).

El sector agrícola en la zona ha sufrido un declive debido a varios factores, entre ellos la presión urbana de la capital, la migración internacional, la escasa adopción de tecnología, la escasez de fuentes de agua para riego, los altos costos de producción y mantenimiento, las prácticas agrícolas inadecuadas y la falta de una estrategia efectiva de control de calidad que promueva la comercialización en el mercado local (Contreras, 2017, p. 153; Secretaría de Planeación, 2020a, p. 16). En consecuencia, el suelo de este municipio ha sufrido una transición de agrícola a urbano e industrial, convirtiéndose en una alternativa atractiva para muchas actividades que antes se realizaban en Bogotá, como la habitación, el estudio y el desarrollo de actividades comerciales, lo que ha generado conflictos en el uso y tenencia del suelo. Ante este cambio, la economía se ha enfocado principalmente en el sector secundario y terciario, incluyendo el comercio, la manufactura, la construcción y la prestación de servicios por parte de empresas de menor tamaño, altamente vulnerables a los efectos de los ciclos económicos (Contreras, 2017, p. 153; Secretaría de Planeación, 2020a, p. 8).

Asimismo, el sector agropecuario en Chía ha presentado una disminución significativa en su contribución a la economía local y departamental aportando menos del 1%, según estimaciones realizadas por el DANE y el DNP. La producción del sector se ha vuelto ineficiente debido a la reducción en el tamaño de las unidades de producción agropecuaria. En la zona rural de Chía, aproximadamente el 84% de los predios tienen una extensión menor a una hectárea, lo que limita su capacidad de producción y dificulta el desarrollo tecnológico y la transferencia de inversión directa a las fincas. Es importante mencionar que la información disponible sobre el sector floricultor en Chía es limitada y desactualizada en cuanto a la cobertura del territorio a nivel socioeconómico, según fuentes competentes (Secretaría de Planeación, 2020a, p. 16).

De acuerdo con la información anterior, se puede inferir que las áreas cultivadas generan ingresos insuficientes para la subsistencia (Secretaría de Planeación, 2020a, p. 16). Esto puede generar un desplazamiento económico o un cambio de actividad, ya que estas áreas se ubican en terrenos con

un alto valor comercial por metro cuadrado, lo que las hace muy atractivas para la construcción o desarrollo de infraestructura comercial. Por lo tanto, la relación costo-beneficio es negativa en comparación con los beneficios y ganancias que ofrece la actividad agrícola (Secretaría de Planeación, 2020a, p. 17).

En cuanto a la vereda Fagua, se destaca por su vocación agrícola (Secretaría de Planeación, 2021, p. 8), y es reconocida por ser uno de los principales centros de producción de flores a gran y pequeña escala en el municipio de Chía, esto debido a sus condiciones climáticas y geográficas propicias para desarrollar esta actividad (Cristancho et al., 2020, p. 69), sin embargo, la demanda de mano de obra para trabajar en los cultivos de la zona ha generado la conformación de pequeños asentamientos que se conforman de forma muy rápida a través de casas prefabricadas (Secretaría de Planeación, 2020b, p. 49). Por todo lo anterior, la zona de estudio “*Flores Narváez*” es una empresa de pequeña escala dedicada a la floricultura, enfocada en la producción, exportación y comercialización de *Alstroemeria* desde hace 11 años, se encuentra administrada y manejada por su único dueño, el cual presenta varios desafíos en el desarrollo de su actividad económica como escasez de agua para riego, gestión de residuos, demanda de producción y mano de obra (H. Narváez, comunicación personal, 15 de junio de 2023).

5.2. Estado del arte

Este apartado se construyó a partir de la consulta de una serie de divulgaciones académicas teórico-prácticas a nivel local, regional e internacional que presentan avances en la investigación de la temática abordada, que incluyen artículos, trabajos de grado, capítulos de libros e informes y documentos oficiales. Para toda la literatura académica consultada, se hizo una revisión de aspectos como los objetivos, el marco teórico-conceptual, la metodología y sus conclusiones. Dichos referentes se consultaron en bases de datos como Science direct, Scielo, Elsevier y los repositorios académicos de diferentes instituciones de educación superior. A continuación, se reúnen algunos de los documentos consultados que van orientados en la misma dirección que el objetivo de la investigación, para los cuales se inicia con una descripción de los aspectos más relevantes encontrados en ellos para la investigación, posteriormente se presenta de forma implícita un análisis de las convergencias y divergencias entre los autores y finalmente el aporte al actual proyecto de investigación.

En primera instancia, se recurrió al **documento desarrollado por Asocolflores et al., (2002, p. 1) la “Guía Ambiental para la Floricultura”**, puesto que es considerado el marco de referencia para las autoridades ambientales, particularmente las Corporaciones Autónomas Regionales y los productores del sector floricultor en Colombia. Se trata de una herramienta técnica y operativa que tiene el propósito de orientar el mejoramiento de la gestión y planeación ambiental, en lo que respecta a la elaboración y/o actualización de los Planes de Manejo Ambiental de carácter obligatorio para los cultivos nuevos y existentes (pp. 1-124). Este documento presenta una serie de medidas orientadas a la optimización de los procesos productivos, de manera que el desarrollo de la floricultura no interfiera de forma negativa sobre el ambiente (pp. 1-124). Por tanto, este documento resulta esencial para el desarrollo de los diferentes apartados del proyecto de investigación, desde la introducción hasta los resultados, análisis y discusión.

Asimismo, se consultó el **artículo de revisión elaborado por Tanya et al. (2019, p. 1) titulado “Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas”**. En dicho artículo se revisaron principalmente las secciones de resultados y discusión, donde se presenta información acerca de los “Grupos microbianos que componen los ME”, las “Aplicaciones agrícolas de los Microorganismos Eficientes”, y el “Efecto sobre el incremento de biomasa”. Se trata de una alternativa de la que se ha venido demostrando su eficiencia y sostenibilidad desde la década de los 80 por investigaciones desarrolladas en Okinawa, Japón en la Universidad Ryukyus por el científico - profesor Teruo Higa, así como por otros estudios hasta la actualidad (pp. 93-103). Lo que permitió que este artículo se encargará de recopilar la información publicada durante los últimos 10 años acerca de este tema (pp. 93-103). Los ME reúnen cinco grupos microbianos, entre los que se encuentran: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos, hongos filamentosos con capacidad fermentativa, que desde la perspectiva de distintas disciplinas trae una variedad de beneficios ambientales, como aportes a la tolerancia de las plantas a factores estresantes; el incremento de la fertilidad de los suelos; mejora en la capacidad de retención de agua y nutrientes; favorecimiento en la floración; reducción del tiempo de maduración de los abonos orgánicos; eliminación de agentes patógenos para los cultivos, entre otros., que en su conjunto argumentan su potencial adopción al cumplir en mayor medida con los requerimientos ambientales. Con respecto a la dimensión ecológica, el mantenimiento de las propiedades físicas como lo son la humedad, temperatura y pH de las esferas ambientales involucradas (pp. 93-103). Por ende, este documento contribuye al apartado de la metodología del segundo objetivo específico, así como a los resultados, análisis y discusión del proyecto de investigación.

A su vez, se tuvo en cuenta el **artículo realizado por Campitelli y Ceppi (2008, p. 1) titulado “Caracterización química, física y biológica de compost y vermicompost: Un estudio quimiométrico”**. De este artículo, se consultaron las secciones referentes a la introducción, la metodología, los resultados, discusión y conclusiones, las cuales presentan la importancia del aseguramiento de la calidad de las enmiendas orgánicas, desde los procedimientos de selección de los materiales que lo componen hasta el manejo dado a los tipos de sistemas de aprovechamiento, compost y vermicompost, como hacedores del producto final. A través del análisis de diecinueve parámetros químicos, físicos y biológicos de veintiocho diferentes compost y vermicompost, empleando técnicas multivariantes que integran el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis discriminante lineal (ADL), de manera que fuera posible categorizar las enmiendas orgánicas analizadas en diferentes grupos (A, B₁, B₂, B₃ y C) y determinar su estabilidad, madurez y calidad gracias a los resultados de los parámetros más representativos analizados (TOC, GI, pH, TN y WSC). De los resultados generales, se resalta el nivel de madurez alcanzado particularmente por el grupo B₂ que incluye un tipo de vermicompost que como materia prima emplea residuos vegetales (pp. 64-71). De esta manera, se contempla su contribución al apartado de la metodología del segundo objetivo específico y los resultados, análisis y discusión del proyecto de investigación.

Del mismo modo, se hizo una revisión del **artículo de Cerdá y Khalilova (2016, p.1) titulado “Economía circular”**, puesto que por medio de su composición se ocupan de ampliar el alcance y enfoque de la economía circular. En este artículo, se revisó la sección “¿Qué se entiende por economía circular?”, debido a que allí se aborda el tránsito de los sistemas productivos convencionales a sistemas productivos ambientalmente responsables, sustentado en los tres

principios de la economía circular. Estos principios buscan preservar el capital natural, optimizar el rendimiento de los recursos y fomentar la eficiencia de los sistemas (p. 12). Por consiguiente, se reconoce la valiosa contribución de la información que este artículo proporciona a los apartados de justificación y marco teórico-conceptual del proyecto de investigación.

De igual forma, se revisó el **libro escrito por Hussain y Hait (2022, pp. 33-43) titulado “Advanced Organic Waste Management: Sustainable Practices and Approaches”**. Se prestó particular atención al **capítulo 3, escrito por Pottipati et al., (2022, p. 33), titulado “Composting and vermicomposting: Process optimization for the management of organic waste”**. En este capítulo se abordaron los beneficios que trae combinar el compostaje de tambor rotatorio y vermicompostaje en la gestión de residuos orgánicos en la India. Se concluyó que la combinación de ambos métodos permite optimizar el periodo de maduración del compost, además de proporcionar la capacidad de gestionar grandes cargas de residuos orgánicos generados diariamente (pp. 33-43). Por lo tanto, este documento se tuvo en cuenta para los apartados de la metodología del segundo objetivo específico, los resultados, análisis y discusión del proyecto de investigación.

Al mismo tiempo, se estudió el **informe desarrollado por Agrosavia (2021b, p.1) titulado “Informe Anual 2021”**, como resultado de la trigésima segunda asamblea de miembros activos de AGROSAVIA. En dicho informe, se presenta una de las ofertas tecnológicas aprobadas en el año 2021, el diseño de un equipo modular de lombricompostaje dirigido al aprovechamiento de residuos vegetales de pequeños y medianos productores para obtener enmiendas orgánicas. Este diseño utiliza la acción combinada de la lombriz *Eisenia fetida*, microorganismos y subproductos agrícolas en un sistema de cuatro compartimentos separados por una malla que permiten procesar lotes de compost de forma independiente, a la vez, que dan paso al movimiento natural de las lombrices desde un compartimento de compost maduro hacia otro con material orgánico fresco para su procesamiento. Esta tecnología tiene la capacidad de procesar hasta 7 toneladas de residuos agrícolas y lograr una reducción del 40% de los costos en mano de obra para la producción de abono orgánico, lo que resulta en una producción anual de hasta 1.400 L de abono líquido y hasta 7 toneladas de abono sólido. Se recomienda su adopción para los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Antioquia (Agrosavia, 2021a, p. 1; Agrosavia, 2021b, p. 46). De esta manera, se contempla su contribución al apartado de la metodología del segundo objetivo específico y los resultados, análisis y discusión del proyecto de investigación.

Igualmente, se tuvo en cuenta el artículo desarrollado por Lew et al., (2021, p. 1) titulado: **“Optimización del Proceso de Compostaje Bokashi Utilizando Microorganismos Eficaces-1 en Contenedor de Compostaje Inteligente”**. En el cual, se revisaron las secciones referentes a la introducción, los resultados, la discusión y las conclusiones. Esta investigación aborda la problemática alrededor de la gestión de los residuos orgánicos que son abandonados en los vertederos a cielo abierto de Malasia, donde se generan emisiones de gas metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) por la descomposición de 15 mil toneladas diarias de residuos orgánicos, conformados principalmente por cáscaras de banano, al ser la fruta más producida y consumida en el país (p. 1). Considerando, la optimización del compostaje bokashi a partir del empleo de un contenedor de compostaje inteligente que se encargó de monitorear la temperatura y la humedad del proceso, donde se prepararon tres muestras de bokashi con cáscaras de banano, melaza, agua y diferentes volúmenes de cultivo madre de EM-1 para evaluar la proporción más efectiva. Con el

análisis de los resultados obtenidos de NPK y la relación C/N del compost, este estudio concluyó que, al emplear una menor cantidad de EM-1 se obtiene una descomposición más rápida de los residuos orgánicos y una relación C/N óptima del compost (pp. 1-15). De esta manera, se valora la contribución de esta investigación a los apartados de la metodología del segundo objetivo específico, los resultados, análisis y discusión del proyecto de investigación.

5.3. Marco Teórico - Conceptual

Con respecto al marco teórico y con el fin de desarrollar el presente trabajo de investigación, se tuvo en cuenta teorías que van desde lo general, particular hasta lo central, las cuales están tanto explícitas como implícitas en los objetivos propuestos y que contribuyen al cumplimiento del objetivo general para dar solución a la problemática planteada. Por lo tanto, se tomó como Teoría central (TC) el **aprovechamiento eficiente de residuos vegetales** que comprende el objetivo general de este estudio de investigación para así, buscar una **gestión ambiental empresarial** que es la teoría particular (TP) teniendo en cuenta el potencial y la problemática de los residuos vegetales y finalmente lograr una **economía circular** en la empresa con el fin de impulsar modelos circulares con beneficios ambientales y económicos, correspondiente a la teoría general (TG). Cómo se muestra en la Figura 3 a continuación:

Figura 3. Estructura de marco teórico



La Estrategia Nacional de Economía Circular del Gobierno Nacional 2018-2022, expone que la productividad de la economía disminuyó en 1,2% para el período 2000-2018, esto reflejado especialmente en el sector agrícola (The Conference Board, 2019, como se citó en Gobierno de la República de Colombia, 2019, p. 11), debido a que grandes cantidades de biomasa representadas en subproductos agrícolas son desaprovechadas, en su mayoría por el desconocimiento de los procesos y tecnologías además de la ausencia de innovación en la generación de productos de valor agregado en el país (Gobierno de la República de Colombia, 2019, p. 11), esto indica que el sector floricultor aún realiza prácticas convencionales en su producción siguiendo el modelo lineal de la

economía, desencadenando una problemática principalmente en relación al manejo de los residuos vegetales generados por industrias floricultoras.

La **economía circular** es una alternativa novedosa, atractiva y viable para la industria floral. Esta estrategia busca maximizar el valor de los recursos y minimizar la generación de residuos. Según Cerdá y Khalilova (2016, p. 12), la economía circular propone mantener los productos, componentes y materiales en uso el mayor tiempo posible. Se basa en tres estrategias: modelos de negocio innovadores, ecodiseño y ampliación de la vida útil de los productos. Además, se aplican estrategias de prevención para reducir la generación y eliminación de residuos (Cerdá y Khalilova, 2016, pp. 14-17). De este modo, se fomenta tanto la productividad como el rendimiento medioambiental en las industrias florícolas.

Para lo anterior, se debe contemplar una gestión ambiental empresarial en las empresas floricultoras, la cual permita incluir la identificación, clasificación, separación y almacenamiento de los residuos vegetales, entendiendo la **gestión ambiental empresarial** como el

Conjunto de procesos, estrategias, acciones y responsabilidades que una empresa implementa con el propósito de garantizar las medidas ambientales apropiadas y oportunas, proyectadas hacia el uso óptimo de los recursos naturales, prevención de la contaminación y cumplimiento de las normas ambientales. (Asocolflores et al., 2002, p. 31)

Por lo tanto, el **aprovechamiento de residuos vegetales** se convierte en una prioridad para la gestión ambiental en el sector de la floricultura. Este proceso implica la reincorporación de materiales recuperados, como los residuos de cosecha y postcosecha, al ciclo económico y productivo de forma eficiente, por medio de la reutilización con fines de generación de compostaje conllevando beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos (Decreto 1713, 2002, p. 1).

En cuanto al marco conceptual se constituyó mediante la recopilación de conceptos que engloban la presente investigación para ello y se alinean con el marco teórico. De modo que se organizó en tres secciones donde se agrupan los conceptos afines, como se presenta en la Figura 4 a continuación:

Figura 4. Diagrama marco conceptual



De este modo, en el contexto de la implementación de un **sistema de economía circular** en un cultivo de *Alstroemeria* implica que los residuos vegetales generados se conviertan en recursos y se integren nuevamente en el proceso productivo dando lugar a beneficios ambientales y económicos, como la reducción de costos de disposición y transporte de residuos (Cerdá y Khalilova, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Teniendo en cuenta que lo anterior contribuye al **Desarrollos sostenible** el cual es

El Desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la mejora de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades (Ley 99, 1993, art. 3).

De este modo, el desarrollo sostenible en el sector floricultor implica aplicar prácticas y estrategias que permitan la producción sostenible de flores, reduzcan el impacto ambiental y promuevan el bienestar social y económico de las comunidades implicadas en la producción.

Una de las prácticas sostenibles mayormente implementadas en el sector floricultor colombiano es la **Responsabilidad social empresarial** se refiere al conjunto de prácticas o medidas emprendidas por una empresa de forma voluntaria, motivadas por factores económicos, financieros, éticos o morales y encaminadas a reducir el impacto negativo que las empresas tienen sobre la sociedad, el ambiente y los trabajadores en el ejercicio de sus actividades, y a participar activamente en la búsqueda de fórmulas que permitan mejorar la calidad de vida y el desarrollo sostenible (Ortega, 2016, p. 6).

De igual forma, dentro del marco de Gestión Ambiental se encuentra la **Planeación ambiental** la cual es indispensable ya que busca prever el impacto derivado de la actividad floricultora, se desarrolla anticipadamente a la instalación del cultivo de flores o la ampliación de cultivos existentes. En esta fase se requiere claridad y conocimiento sobre la naturaleza y los impactos de

las actividades asociadas al proceso de producción, así como sobre las obligaciones y responsabilidades ambientales derivadas de su ejecución (Asocolflores et al., 2002, p. 29).

Siguiendo la misma línea, las **Alstroemerias** son plantas cuyas flores tienen forma de embudo, y contienen seis pétalos de corona con diferentes marcas y parches de colores contrastantes desde el blanco, dorado o amarillo hasta el naranja, rosa, rojo, púrpura, damasco, lo que las hace populares en buques y arreglos florales comerciales. Después de cortada, su vida es de alrededor de dos semanas si se conserva en agua. De este modo, el **cultivo de Alstroemerias** tiene un tiempo de vida de 3 a 5 años, dependiendo de la variedad y del clima del país donde se cultiven (Piovano y Pisi, 2017). El mejor sustrato es franco arenoso, bien drenado y con contenido de materia orgánica; el suelo debe estar bien trabajado (aproximadamente 40 cm de profundidad), la densidad de plantación es de 3,3 plantas/m² a 5 plantas/m², así mismo, la productividad varía dependiendo de las condiciones de luminosidad y térmicas (temperatura ambiental) y al programa de fertilización (Piovano y Pisi, 2017).



De modo que, como lo menciona el Decreto 4741 (2005) un **residuo** es

Cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula. (art. 3)

Por lo tanto, el **residuo vegetal** es un residuo que se encuentra dentro de la categoría de residuo orgánico, definido como aquel material desechado procedente de procesos agrícolas como cultivos o cosechas sean hojas, tallos y flores; a su vez, se incluyen en esta categoría los residuos procedentes de la poda o tala de árboles, y los cultivos leñosos (Montoya, 2021, pp 16-17).

Es indispensable que exista una **gestión integral de residuos**, la cual según la ecóloga Marlybell Ochoa (2018) es el

Conjunto de acciones ejecutadas de manera organizada, eficiente y sistemática en un contexto determinado, para prevenir la generación de residuos y otorgarle a los residuos generados destino más adecuado disponible con base en lineamientos y/o requisitos previamente establecidos de planificación, implementación, seguimiento y evaluación, que consideran criterios ecológicos, económicos y sociales para evitar riesgos a la salud e impactos negativos al medio ambiente. (p. 49)

Por ende, la **gestión de residuos vegetales** es un aspecto crítico para lograr una economía circular en el cultivo de Alstroemeria. Se deben explorar diferentes opciones para la gestión de este tipo de residuos, como el compostaje, la producción de biogás o la generación de subproductos de valor agregado o sí bien es posible mejorar procesos. Es importante evaluar la viabilidad técnica y económica de estas opciones, así como su impacto ambiental y beneficios para la gestión ambiental empresarial.

Como se mencionaba en los anteriores apartados y conceptos, mediante la economía circular es posible gestionar los residuos vegetales generando **alternativas de aprovechamiento** que podrían ser implementadas en los PGIRS para disminuir el porcentaje que llega directo a los rellenos sanitarios o para contribuir positivamente a la problemática en cuanto a su disposición y/o almacenamiento en las industrias floricultoras, ya que afecta a las poblaciones aledañas y se pierde su potencial de recuperación. Estas alternativas de aprovechamiento están basadas en la degradación de materia orgánica mediante la acción de microorganismos y organismos degradadores de carbono como el compost orgánico, lombricultura, pacas digestoras, entre otras (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

Una alternativa de aprovechamiento es el **Compostaje** que se denomina como

El proceso natural que involucra la acción de microorganismos y en presencia de oxígeno y agua suficiente, estos microorganismos descomponen la materia orgánica provocando su oxidación. Este proceso, que tarda varios meses desde 3 a 8 meses, genera calor, vapor de agua, lixiviados y dióxido de carbono como subproductos. Al final del proceso, se obtiene un producto llamado compost (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021, p. 15 y 16).

El proceso de compostaje consta de cuatro fases: mesofílica, termofílica o higienización, enfriamiento o mesofílica II y maduración. Durante este proceso, diferentes microorganismos interactúan para descomponer los residuos orgánicos y aprovechar el nitrógeno (N) y el carbono (C). Según Román, Martínez y Pantoja (2013), cada fase se caracteriza por su temperatura, actividad microbiana, pH y duración. La fase mesofílica tiene una duración de 2 a 8 días en la cual existe salida de calor por aumento en la temperatura y se baja el pH, en la siguiente fase denominada Termofílica desaparecen las bacterias mesófilas, la temperatura sigue incrementando, aparecen las bacterias termófilas, se eliminan patógenos y aumenta el pH por lo cual tiene una duración de 1 a 3 semanas, posteriormente, en la fase mesofílica II la temperatura disminuye, se manifiestan las bacterias mesófilas y el pH desciende levemente durando de 2 a 5 semanas. Por último, en la fase de maduración el material se encuentra a temperatura ambiente y al finalizar esta se obtiene el compost maduro listo para usar como fertilizante orgánico (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021, p. 15 y 16).

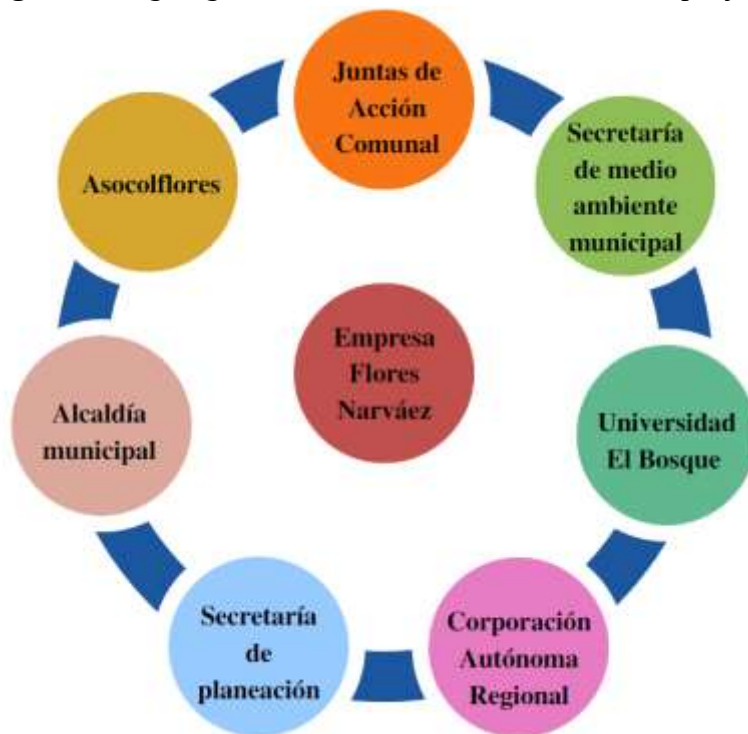
Por último, es posible la **Optimización de Alternativas de aprovechamiento de residuos vegetales** ya que existen diversos procesos tal como; el compostaje y vermicompost, los microorganismos eficientes (grupos microbianos), el compost bokashi (proceso anaerobio) y el vermicompostaje (empleo de especies de anélidos y microorganismos), el empleo de estas alternativas favorece la eficaz degradación de residuos orgánicos obteniendo beneficios económicos, ecológicos y sociales (Pottipati et al., 2022, pp. 33-43; Tanya et al., 2019, p. 93; Lew et al., 2021, p. 1; Herrera y Pérez, 2022, p. 71).

5.4 Marco institucional

Las instituciones que se relacionan con este proyecto de investigación y están presentes en el municipio de Chía, se encontró como base principal la **Alcaldía municipal**, encargada de hacer cumplir normativas, leyes y decretos, en este caso del aprovechamiento de residuos vegetales y el

bienestar social de la comunidad, y conservar el orden público del municipio; también la **Secretaría de medio ambiente del municipio**, la cual se encarga de realizar capacitaciones rurales a los pequeños floricultores para transferir u orientar bases primordiales en el sector floricultor; las nueve veredas del municipio cuentan con una asociación de **Juntas de acción comunal (JAC)**, la cual propone la participación ciudadana a nivel municipal, y a su vez, se encarga de gestionar programas con el fin de buscar el bienestar comunitario. Por otro lado, también se necesita la contribución de la **Secretaría de planeación**, encargada de realizar, orientar, apoyar estudios y/o proyectos en donde tenga un cumplimiento de metas para mejorar la calidad de vida de la comunidad; la **Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores)**, se encarga de contribuir al desarrollo del sector floricultor mediante el fortalecimiento de la floricultura sostenible en Colombia; la **Corporación Autónoma Regional (CAR)**, es una entidad encargada de administrar los recursos naturales renovables, y a su vez propender el desarrollo sostenible; entre otras entidades; la **Empresa Flores Narváez**, la cual otorga la información necesaria para desarrollar el proyecto, además de ser la entidad que financia los costos que el proyecto requiere al ser de carácter privado. Por último, la **Universidad El Bosque**, institución de educación superior acreditada que ofrece una educación multidisciplinar de calidad con un enfoque que refleja su desarrollo (en términos de formación, investigación, transferencia y servicios) en las áreas de salud y calidad de vida comprometida con las necesidades y oportunidades locales, regionales y nacionales, de este modo, en la siguiente figura se expone.

Figura 5. Organigrama de actores involucrados en el proyecto



5.6. Marco legal y normativo

A modo de corresponsabilidad con la legislación disponible del sector floricultor en torno a la gestión ambiental empresarial de los residuos vegetales en este apartado se presenta el conjunto de leyes, normas, decretos y resoluciones a nivel internacional y nacional aplicadas en el proyecto en cuestión, como se presenta en la Tabla 1. Su consulta se realizó en la base de datos de MultiLegis.

Tabla 1. Marco legal y normativo

Nivel	Tipo	No.	Fecha de expedición	Expedida por	Título	Se destaca
Nacional	Constitución Política de Colombia de 1991		01/01/1991	Asamblea Nacional Constituyente	“De los derechos colectivos y del ambiente” (Constitución Política de Colombia [C.P], 1991).	Capítulo 3
Nacional	Ley	9	24/01/1979	El Congreso de Colombia	“Por la cual se dictan medidas sanitarias” (Ley 9, 1979).	Art. 1°, art. 8°, art. 9°, art. 22°, art. 128°, art. 129°, art. 166°.
Nacional	Ley	99	22/12/1993	El Congreso de Colombia	Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. (Ley 99, 1993).	Art. 31°, art. 65°.

Nivel	Tipo	No.	Fecha de expedición	Expedida por	Título	Se destaca
Nacional	Ley	607	2/08/2000	El Congreso de Colombia	“Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología” (Ley 607, 2000).	Art. 2°
Nacional	Ley	1876	29/12/2017	El Congreso de Colombia	“Por medio de la cual se crea el sistema nacional de innovación agropecuaria y se dictan otras disposiciones” (Ley 1876, 2017).	Todo
Internacional	NTC-ISO	14001	23/07/2015	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	“Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso” (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], NTC-ISO 14001 de 2015).	Todo
Nacional	Decreto	2811	18/12/1974	El Presidente de la República de Colombia	“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” (Decreto 2811, 1974)	Art. 3°, art. 8°, título iii.

Nivel	Tipo	No.	Fecha de expedición	Expedida por	Título	Se destaca
Nacional	Decreto	1299	22/04/2008	El Presidente de la República de Colombia	“Por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones” (Decreto 1299, 2008).	Todo
Nacional	Decreto	2981	20/12/2013	El Presidente de la República de Colombia	“Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo” (Decreto 2981, 2013).	Art. 2°, art. 20°, capítulo viii, capítulo ix, art. 92°, art. 94°, art. 95°, art. 96°.
Nacional	Resolución	63625	12/03/2020	La Gerente General del Instituto Colombiano Agropecuario	Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener el registro del lugar de producción de flores o ramas cortadas de las especies ornamentales con destino a la exportación y para el registro de exportador e importador de flores o ramas cortadas de las especies ornamentales. (Instituto Colombiano Agropecuario, Resolución 63625 de 2020).	Art. 4°, art. 19°, Anexo II.

La revisión bibliográfica reveló que la legislación colombiana dirigida al desarrollo e implementación de una alternativa de aprovechamiento de residuos vegetales en un sistema de producción florícola es limitada, ya que las autoridades ambientales y entidades encargadas carecen de requisitos en forma de políticas, planes y proyectos, de la mano con el déficit de seguimiento y control a los agricultores y sus prácticas

agrícolas y el insuficiente apoyo técnico para migrar a una alternativa sustentable. Sin embargo, los acuerdos alcanzados son a favor de la conservación de los recursos naturales y la inclusión de la economía circular en el sector.

6. Metodología

En este apartado se encuentra la metodología que se siguió para desarrollar el proyecto en cuestión. En un primer momento, se abordó la unidad de análisis del proyecto, que limita su campo de acción. En un segundo momento, de manera general se definió el método, alcance y enfoque de la investigación, así como por cada objetivo específico. Seguido, se realizaron las matrices metodológicas en función de los objetivos, como precedente de la consolidación de los resultados esperados. En un tercer momento, se presentó una matriz metodológica general que reúne los objetivos, sus actividades, así como las técnicas e instrumentos ligados y la definición de los entregables correspondientes. Posteriormente, a modo de síntesis se elaboró un diagrama metodológico, que despliega por objetivo las actividades que se llevaron a cabo de forma secuencial. En un cuarto momento, se presentó el plan de trabajo como herramienta para orientar la investigación, mantener claridad ante los objetivos planteados y la asignación de los recursos necesarios. Con el propósito de lograr una comunicación efectiva entre las partes, reducir los riesgos asociados y contar con un registro documentado que respalda el trabajo realizado. Finalmente, se dio paso a la planificación para la presentación de los resultados, análisis y discusión de la investigación.

6.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis del proyecto de investigación es el sistema de economía circular que permite optimizar el aprovechamiento de los residuos vegetales resultantes de la fase de postcosecha del cultivo de *Alstroemerias* de la empresa Flores Narvárez del municipio de Chía, Cundinamarca.

6.2 Método general

La investigación se encuentra estrechamente ligada con el método analítico deductivo, al realizar el estudio teniendo en cuenta las dimensiones ambientales; económica, ecológica y social, del área de influencia y el territorio, además de contemplar otros aspectos como la salud ocupacional y la salud ambiental, para su posterior análisis e interrelación. A partir de información proporcionada por referentes teóricos e hipótesis de los distintos actores involucrados de forma directa e indirecta en la investigación. Con la finalidad de hacer un acercamiento a la realidad que condiciona en cierto grado la situación problema abordada por el proyecto (Abreu, 2014, pp. 199 - 200).

6.3. Enfoque general

Se optó por un enfoque mixto, que implica recopilar, combinar y analizar datos cuantitativos e información cualitativa en la investigación, para comprender de manera holística por qué sucede la situación problema. A nivel cuantitativo, se colectaron datos acerca del sector floricultor en Colombia y países referentes, así como del ejercicio de la actividad floricultora en la empresa en cuestión y semejantes del área de influencia del proyecto de investigación, alrededor del manejo de los residuos vegetales que genera la actividad, así como los resultados más significativos de diferentes alternativas dirigidas al aprovechamiento de residuos vegetales, que fueron consultados acorde a las necesidades que se desean cubrir en el cultivo. A nivel cualitativo, se levantó información de primera mano, en relación con las características ambientales del territorio en el que se desarrolla el proyecto, las operaciones de la empresa, en torno al manejo y aprovechamiento actual de los residuos vegetales que genera, y de empresas adyacentes a la zona de estudio del proyecto de investigación. De otro lado se consultó información de fuentes secundarias referente a

la gestión empresarial ambiental en el sector floricultor en Colombia, la normativa que acompaña la actividad, así como los impactos ambientales positivos y negativos, directos e indirectos, asociados a esta. Finalmente, la teoría necesaria para la adopción técnica del sistema de economía circular como la alternativa de optimización seleccionada para la empresa (Ortega, 2023, p. 1; Sampieri et al., 2014, p. 537).

6.4. Alcance general

Se adoptó un alcance descriptivo - correlacional en relación al objetivo general planteado, considerando necesaria la descripción de la situación actual en la empresa conforme a una serie de variables ambientales y la asociación de las mismas, lo que permitió la definición de los criterios que debe cumplir el sistema de economía circular seleccionado para una mejor gestión ambiental empresarial en lo que respecta al manejo y aprovechamiento de los residuos vegetales en la empresa Flores Narváez (Sampieri et al., 2014, p. 92).

6.5. Enfoque y Alcance del objetivo específico 1

El enfoque del primer objetivo específico de esta investigación fue de carácter mixto, puesto que fue necesario el levantamiento de la información primaria y secundaria de la empresa, así como de otras empresas florícolas de pequeña escala adyacentes a la zona de estudio. A nivel cualitativo, se recolectó información por medio de técnicas como entrevistas, observación directa, análisis de fotos tomadas en campo y un análisis documental, que permitió conocer el manejo dado a los residuos vegetales. A nivel cuantitativo, se midieron parámetros como, el peso y volumen de los residuos, al igual que el área determinada para la disposición y compostaje de los mismos (Sampieri et al., 2014, p. 534). Respecto al alcance de este objetivo, se consideró descriptivo, ya que pretende abarcar y detallar la información referente a las variables ambientales involucradas, lo cual permitió una caracterización integral del objeto de la investigación, y de esta manera establecer una línea base como recurso para el segundo objetivo específico (Sampieri et al., 2014, p. 92).

Inicialmente se realizó la cartografía de la zona de estudio como se muestra en la Figura 2 y la cartografía de la Empresa Flores Narváez como se presenta en la Figura 8 analizando la data disponible, imágenes satelitales y archivos shapefile con información temática, mediante el empleo de sistemas de información geográfica, como Google Earth y QGIS, para la representación de la información de interés. Siguiendo los lineamientos de captura de la información del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Resolución 529 de 2020). A su vez, se diseñó el plano de la empresa por medio del software de diseño AutoCAD, en el cual se identifican las distintas áreas que conforman la finca, para así tener un pleno conocimiento de cómo se organiza y funciona el sistema de producción dirigido al cultivo de *Alstroemerias*.

Posteriormente, se realizó la matriz metodológica como se presenta la Tabla 2 correspondiente al primer objetivo específico, donde se formalizan las variables que se identificaron por las dimensiones ambientales; económica, ecológica y social, durante la visita a campo en la Empresa Flores Narváez y la revisión bibliográfica con el fin de dar cumplimiento a la caracterización.

Tabla 2. Matriz metodológica de variables por dimensión ambiental

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
Ecológica	Residuos vegetales	Tiempo de descomposición de los residuos	Meses	Entrevista	Cuestionario de entrevista
		Sistema de aprovechamiento	Tipo de sistema de aprovechamiento	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo y fotografías
		Humedad de compostaje/Adición de agua	Volumen de agua para riego/diario o semanal	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo
		Temperatura del compostaje	Fase/°C	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
		Aireación/Volteos	• Tipo de aireación • Número de volteos/día • Número de volteos/semana	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo
		Área actual dedicada al acopio y aprovechamiento de residuos	m^2	Análisis espacial	SIG (Google Earth, QGIS)
					Ecuación 1 Formula del cálculo el área $l^2 = A$ Donde: L: Lado A: Área
					Ecuación 3 Formula del cálculo del área del volumen de residuos $V = a^3 \rightarrow \sqrt[3]{V} = a$ Donde: a: arista para un cubo

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
					V: Volumen
					Cinta métrica
		Volumen de los residuos	m ³ /temporada alta	Medición de las dimensiones (ancho, alto y largo) de los residuos vegetales	Ecuación 2 Formula del cálculo del volumen $Volúmen = l \times w \times h$ Donde: l: Largo w: Ancho h: Alto
					Ecuación 4 Área de cubrimiento de la cantidad de abono

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
					producido $A_{TC} * 4 \text{ o } 5 = \frac{MP}{2}$ $A_{TC} = \frac{\frac{MP}{2}}{4 \text{ o } 5}$ Donde: A_{TC}: Área total del cultivo 4 o 5: Kg de compost recomendados por m^2 MP: Kg de material de partida $\frac{MP}{2}$: La reducción en 50% del material de partida
		Peso	Kg/mes	Medición del peso de los residuos vegetales	Báscula para el pesaje de residuos vegetales

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
	Control de plagas y enfermedades	Mantenimiento del cultivo	• Tipo de control de plagas y enfermedades • Tipo de aporte de nutrientes para las plantas (De origen químico, biológico y orgánico)	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo y fotografías
Social	Educación ambiental	Nivel de conocimiento sobre el aprovechamiento de residuos vegetales	• Número de personas con conocimiento de la temática/total de personas entrevistadas	Entrevista	Cuestionario de entrevista
	Asistencia técnica	Frecuencia de Asistencia Técnica	Visitas/mes	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo y fotografías

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/Carácter a observar	Técnica	Instrumento
		Capacitaciones	Tipo de capacitaciones	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo
Económico	Costo	Costo del aprovechamiento	COP/m ³ /mes COP/kg/mes	Entrevista	Cuestionario de entrevista, libreta de campo

Respecto al trabajo en campo se diseñó una entrevista semiestructurada compuesta por un conjunto de preguntas abordando temas que permitieron obtener información sobre las dimensiones ambientales tal como se representa en el Anexo 5. Estuvo dirigida tanto al encargado de la empresa Flores Narváez como a empresas adyacentes a la zona de estudio que se encuentran alineadas con el proceso de producción estudiado y la gestión de sus residuos vegetales, con el fin de obtener una visión territorial de la problemática. Seguido a las entrevistas se reconoció y localizó las diferentes áreas que conforman la empresa mediante un mapeo en campo, para posteriormente usar esta información como referente en la construcción del plano de la empresa.

6.6. Enfoque y Alcance del objetivo específico 2

Para el segundo objetivo se manejó un enfoque mixto para la consulta de las alternativas de aprovechamiento de residuos que han sido estudiadas por distintos referentes nacionales e internacionales, a través del análisis documental en bases datos, como Science direct, Scielo, Elsevier y los repositorios académicos de diferentes instituciones de educación superior. En la investigación se tuvieron en cuenta diferentes variables de interés por dimensión ambiental referentes a la gestión integral de los residuos vegetales, como un acercamiento a los resultados que se pueden llegar a obtener con la implementación del objetivo No. 2 (Sampieri et al., 2014, p. 537). El alcance es correlacional, al considerar una serie de criterios para evaluar las alternativas consultadas, de acuerdo con las necesidades, requerimientos ambientales y disponibilidad de recursos, con el fin de optimizar el aprovechamiento actual de los residuos por parte de la Empresa Flores Narváez (Sampieri et al., 2014, p. 93).

De esta manera, se presenta la matriz metodológica empleada para materializar la evaluación de distintas alternativas dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales a través de un análisis multicriterio como se presenta en Tabla 3. En esta tabla, A1, A2, An hacen referencia a las alternativas que van a identificarse como resultado del objetivo específico No.2. Con respecto a los criterios empleados, estos se definieron en la fase de planeación a partir de la revisión documental acerca de la gestión integral de los residuos vegetales en el sector floricultor y a fines, así como en la fase de campo que permitió conocer los vacíos que se presentan alrededor del actual aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa Flores Narváez como resultado del objetivo específico No.1.

Con el fin de evitar posibles interpretaciones subjetivas con respecto a la Tabla 3, fue necesario especificar a qué se refieren ciertos criterios para brindar la información deseada de manera clara y precisa. En la dimensión ecológica (nivel técnico), el criterio de adaptabilidad hace referencia a la capacidad de alternativa de ajustarse a las condiciones climatológicas del área de estudio. En la dimensión social, el criterio de nivel de complejidad hace alusión al grado de dificultad de la ejecución de la alternativa. En la dimensión económica, el criterio de eficiencia pretende evaluar cuán sostenible en el tiempo resulta ser la alternativa, esto medido a través del costo y los potenciales beneficios de su implementación.

Tabla 3. Matriz de resultado de la evaluación multicriterio

Tipo de alternativa de aprovechamiento	Ecológico (técnico)							Social					Económico			Total	Clasificación de la alternativa de aprovechamiento
	Requerimiento de agua	Manejo de lixiviados	Emisión olores	Emisión de GEI	Tiempo de descomposición	Calidad de la biomasa (NPK)	Adaptabilidad	Nivel de complejidad	Afectación salud	Adopción	Asistencia técnica	Tiempo de proceso	Costo de instalación	Costo de operación	Eficiencia (Relación Costo/Beneficio)		
A ₁																	
A ₂																	
A _n																	

Para el análisis multicriterio de las alternativas se siguió la escala de evaluación de la Tabla 4 en la que se determinaron tres diferentes categorías con su respectivo valor, óptimo (3): cumple a cabalidad el criterio, 1/2 óptimo (2): cumple medianamente el criterio, poco óptimo (1): no cumple el criterio, con el propósito de calificar cada una de las alternativas. Esto definido en base a la información de la línea base y las recomendaciones de los referentes consultados. De esta manera, conforme el cumplimiento de los parámetros definidos por dimensión ambiental en cada una de las alternativas, fue posible seleccionar la alternativa de mayor calificación para la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa Flores Narváez.

Tabla 4. *Escala de evaluación de las alternativas dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Escala de evaluación	
Categoría	Valor
Óptimo	3
½ Óptimo	2
Poco óptimo	1

6.7. Enfoque y Alcance del objetivo específico 3

En cuanto al tercer objetivo, se determinó un enfoque mixto, dado que en este último los procesos implican la recopilación y el análisis de los datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, lo que permitió establecer conclusiones producto de toda la información recaba de los anteriores procesos (Sampieri et al., 2014, p. 534). De igual forma, se estableció un alcance descriptivo - correlacional debido a la relación entre el compostaje, las alternativas de optimización y los aspectos sociales y económicos que posibilitó dichas asociaciones y adicionalmente ofreció poder de decisión fundamentado en fuertes argumentos, para obtener un diseño de economía circular adecuado a los requerimientos de la finca y su productor (Sampieri et al., 2014, p. 93).

Al seleccionar alternativa de optimización del aprovechamiento de residuos vegetales, se procedió a diseñar la representación gráfica de la alternativa de optimización mediante el software AutoCAD, en paralelo se realizó la inclusión del modelo funcional en el plano de la empresa. Para posteriormente, realizar el formato de divulgación a la empresa y actores involucrados con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de aprovechamiento con ayuda del Software de diseño gráfico simplificado CANVA.

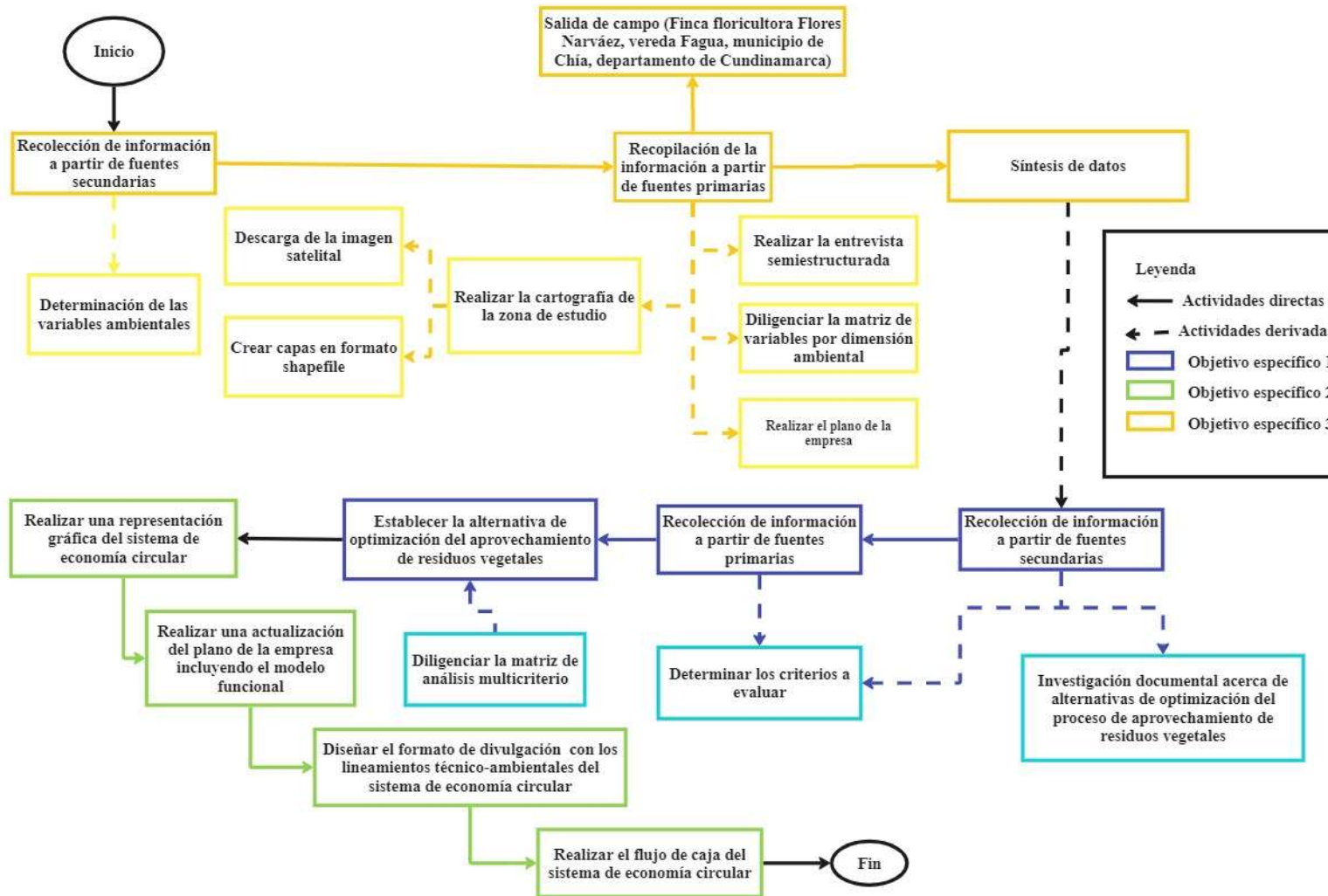
Seguido, se diseñó la matriz metodológica del tercer objetivo específico como se muestra en la Tabla 5 para la determinación del costo total del sistema de economía circular, considerando los costos de instalación y los costos de operación por el aprovechamiento de los subproductos de la cosecha y postcosecha del cultivo de *Alstroemerias* de la empresa Flores Narváez.

Tabla 5. *Matriz de costeo del sistema de economía circular para la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Costos de instalación/Costos de operación				
Material	Clase	Cantidad	Valor Unidad	Valor total
Total				

Con el fin de representar de manera visual las etapas y procesos que se siguieron para llevar a cabo la investigación se graficó el diagrama metodológico del presente trabajo de investigación como se presenta en la Figura 6. Este diagrama es una representación esquemática de las diferentes fases del proyecto, desde la caracterización del problema hasta la presentación de los resultados, el cual facilitó la comprensión del proceso de investigación y permitió una mejor organización y planificación del proyecto.

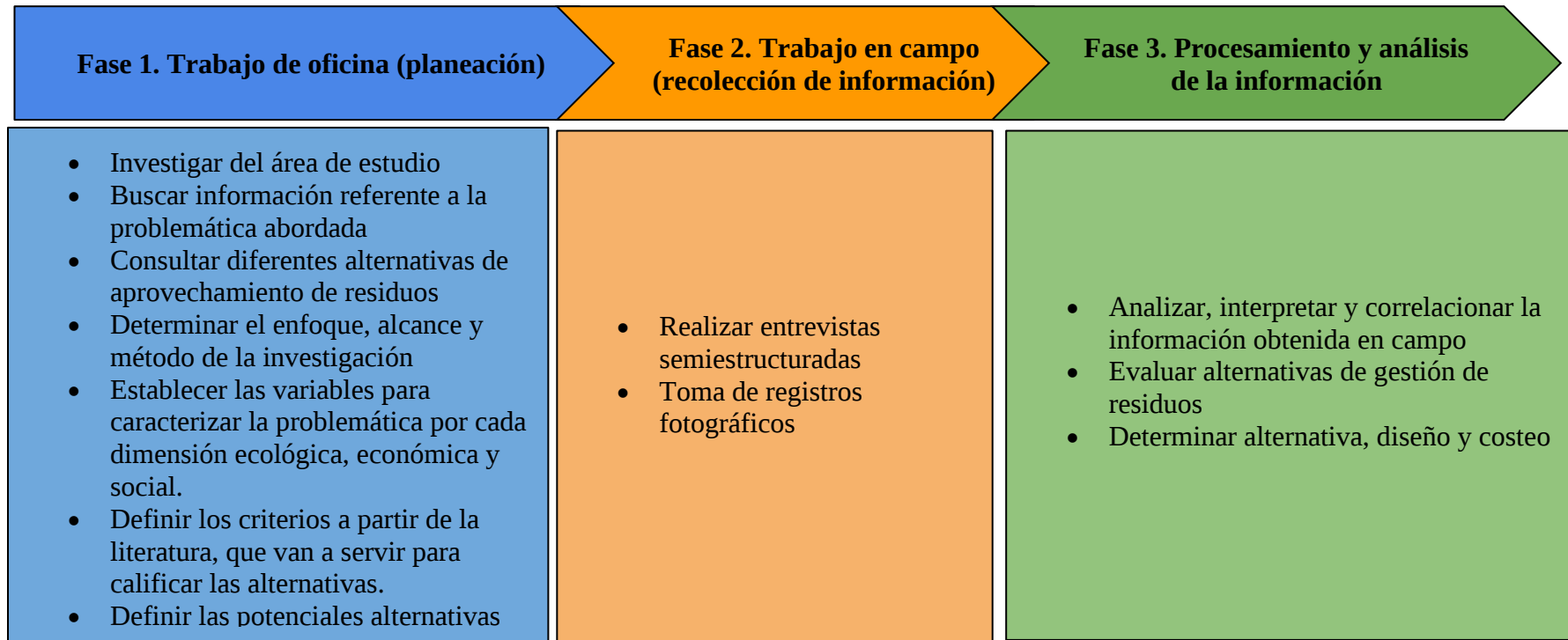
Figura 6. Diagrama metodológico



7. Plan de trabajo

A continuación, se presenta el plan de trabajo establecido para dar cumplimiento al objeto de investigación, dividido en 3 fases con sus respectivas actividades, como se presenta en la Figura 7 a continuación:

Figura 7. *Plan de trabajo*



Se generó una perspectiva global del proyecto al utilizar la matriz metodológica general que se muestra en la Tabla 6. Esta matriz permitió la consolidación de la información de la investigación en su conjunto.

Tabla 6. Matriz metodológica general para el desarrollo del proyecto investigativo

Objetivo General					
Proponer un diseño de un sistema de economía circular a partir del aprovechamiento de residuos vegetales en un cultivo de <i>Alstroemerias</i> para una mejor gestión empresarial ambiental. Estudio de caso: empresa Flores Narváez, municipio de Chía (Cundinamarca).					
Objetivo Específico 1	Actividades		Técnica	Instrumento	Resultados esperados
Caracterizar la situación actual frente al manejo de residuos vegetales de la empresa floricultora a partir del trabajo en campo.	Recolección de información a partir de fuentes secundarias	Determinar las variables ambientales	Revisión bibliográfica Visita a campo	Bases de datos	Caracterización de la problemática actual: el manejo de residuos vegetales
	Recopilación de la información a partir de fuentes primarias	Realizar entrevista semiestructurada	Entrevista	Cuestionario de entrevista	
		Diligenciar la matriz de evaluación de variables ambientales	Visita a campo	Observación directa, libreta de campo, fotografías	
		Realizar el plano de la empresa	Análisis del funcionamiento de la empresa	AutoCad	
		Realizar la cartografía de la zona de estudio	Análisis de la data, fotointerpretación	Sistemas de información geográfica (SIG):	

				Qgis, Google earth.	
	Síntesis de datos		Análisis e interpretación de datos obtenidos	Programas para el análisis de datos (Excel)	
Objetivo Específico 2	Actividades		Técnica	Instrumento	Resultados esperados
Evaluar alternativas eficientes de aprovechamiento de residuos vegetales que se adapten a las condiciones de la finca a través de un análisis multicriterio.	Recolección de información a partir de fuentes secundarias	Revisión bibliográfica de alternativas de optimización del proceso de aprovechamiento de residuos vegetales	Análisis documental	Bases de datos	Evaluación de la matriz multicriterio
	Recolección de información a partir de fuentes secundarias y síntesis de datos	Determinar los criterios a evaluar	Análisis documental y línea base	Bases de datos	
	Establecer la alternativa de optimización del aprovechamiento de residuos vegetales		Análisis e interpretación de datos obtenidos	Matriz de variables ambientales, matriz multicriterio, cartografía, modelo, entrevista, diario de campo	

Objetivo Específico 3	Actividades		Técnica	Instrumentos	Resultados esperados
Establecer el modelo y los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular para contribuir con el progreso de la gestión empresarial ambiental de la empresa	Realizar una representación gráfica del sistema de economía circular	Modelamiento en 2D	AutoCAD	AutoCAD	Modelo y los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular
	Realizar una actualización del plano de la empresa incluyendo el modelo funcional	Análisis de la data Fotointerpretación	Sistema de información geográfica (SIG): Qgis, Google earth engine.	Sistema de información geográfica (SIG): Qgis, Google earth engine.	
	Realizar la guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de aprovechamiento	Interpretación documental propia y externa	Bases de datos propias	Bases de datos propias	
	Determinar el costo del sistema de aprovechamiento		Herramientas de Microsoft (Excel)	Herramientas de Microsoft (Excel)	

8. Aspectos Éticos

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación, se presentó a los entrevistados el propósito de dichas preguntas y por ende, se consensuó toda la información recolectada a partir de las entrevistas. Además, ningún resultado o respuesta obtenida fue alterado en beneficio del proyecto. Por último, toda la información recopilada a través de la búsqueda bibliográfica fue debidamente acreditada a cada autor correspondiente y se sometió a un análisis por parte de las autoras, con el cuidado de evitar cualquier forma de plagio.

9. Resultados, Análisis y discusión

Para este capítulo, tal como se mencionó en la metodología se trabajó de forma conjunta los aspectos de resultados, análisis y discusión por cada uno de los objetivos específicos manteniendo el orden propuesto en la misma. De esta manera, se presentaron los resultados obtenidos a partir de la investigación a través de ilustraciones, tablas y gráficas de datos. Posteriormente, se realizó el análisis respectivo el cual permitió la comprensión de estos y finalmente, se desarrolló la discusión frente a estos, donde se contrastaron los hallazgos del análisis con las perspectivas de distintos autores que abordan las mismas temáticas.

Resultados objetivo específico 1: Caracterizar la situación actual frente al manejo de residuos vegetales de la empresa floricultora a partir del trabajo en campo

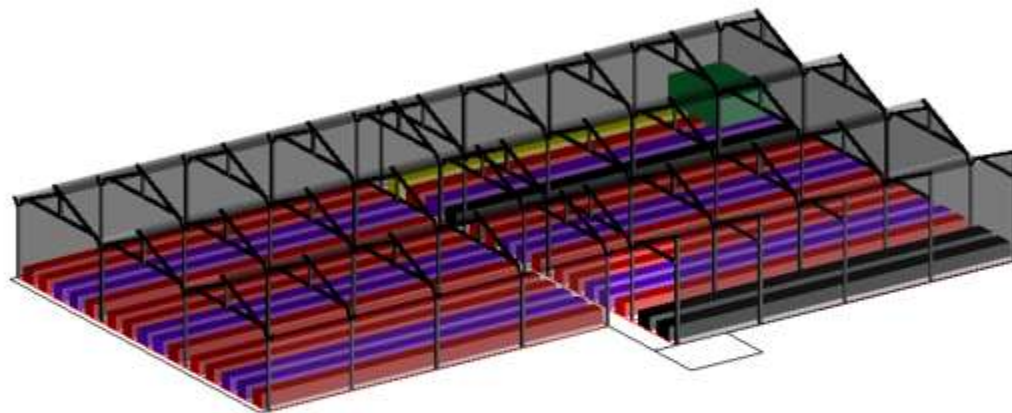
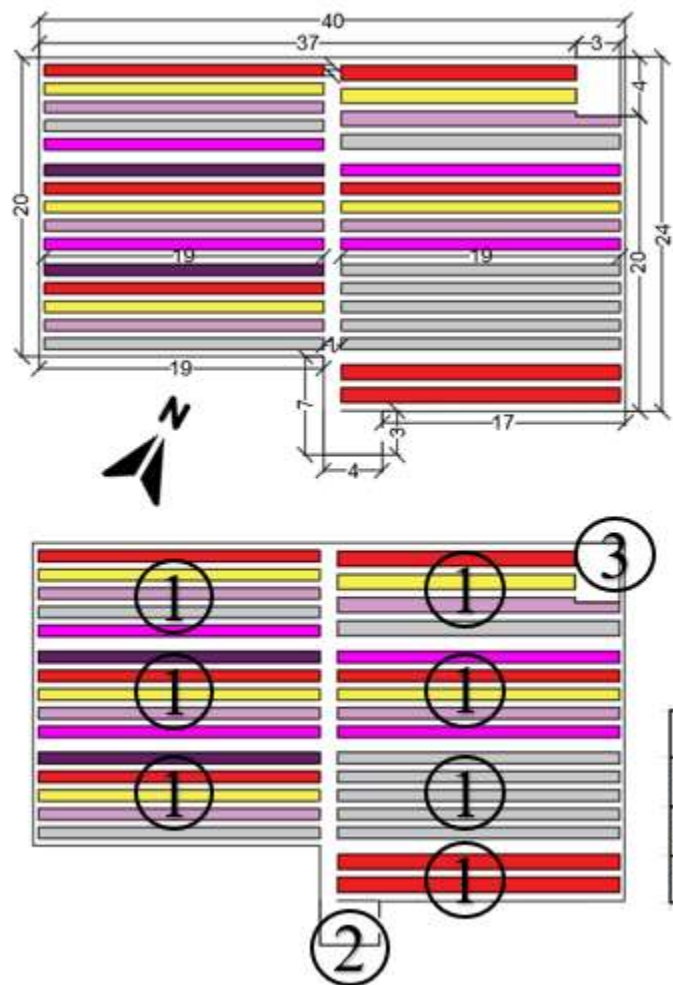
Figura 8. Cartografía de la Empresa Flores Narváez



En primera medida por medio de la cartografía de la Empresa Flores Narváez que se presenta en la Figura 8 y las entrevistas realizadas los informantes en la visita a campo fue posible conocer con más detalle la localización municipal, veredal y puntual de dicha empresa, así como el área de la finca que comprende alrededor de 952 m².

Continuando, se pudo obtener información acerca de la distribución y ocupación de las distintas áreas que constituyen la finca, como se puede apreciar en la Figura 9, donde se encuentran: 3 y 1/2 naves de cultivo entre las cuales se distribuyen 31 camas de siembra de *Alstroemeria*; el área de postcosecha que incluye un área de acopio temporal de residuos vegetales, un área de depósito de flor de comercio nacional, es decir, flor que no cumple los estándares de calidad para exportación y el área de almacenamiento de producto terminado y por último, el área de aprovechamiento de residuos vegetales.

Figura 9. Plano de la Empresa Flores Narváez



Áreas
1. Cultivo
2. Postcosecha
3. Aprovechamiento de residuos vegetales

Posteriormente, a partir de la entrevista semiestructurada que se realizó durante la visita a campo, fue posible reunir la información necesaria por dimensión ambiental referente a la gestión de los residuos vegetales. Para ello, a parte de la información suministrada por la Empresa Flores Narváez, se contó con la participación de dos empresas floricultoras del municipio de Chía (Cundinamarca), las cuales fueron consultadas con el propósito de indagar y contrastar las causas y efectos de la problemática en cuestión a nivel municipal. Es importante anotar, que por efectos de confidencialidad de las empresas aquí tratadas, estas se denominaron de la siguiente forma: Empresa 1, Empresa 2 y Empresa 3. Donde la “Empresa 2” hace referencia a la empresa objeto de estudio.

9.1 Dimensión Ecológica

Figura 10. *Sistema de aprovechamiento de residuos en la Empresa 2.*



En lo que respecta a la variable de residuos vegetales, en su aspecto de aprovechamiento, se determinó que la Empresa 2 y 3 aprovechan sus residuos vegetales por medio de un compostaje de tipo convencional. Sin embargo, al interior de estas empresas se presenta una diferencia en las técnicas de compostaje empleadas. En la Empresa 2 se cuenta con un sistema abierto Figura 10, es decir, se realiza al aire libre exponiendo los residuos tanto a las condiciones climáticas como a la invasión de vectores, además dichos residuos son acomodados en una pila que no cuenta con un sistema de recolección de lixiviados, por lo que estos tienen un contacto directo con el suelo, generando una posible contaminación de este (Rueda et al., 2020, p. 3).

Figura 11. Sistema de aprovechamiento en la Empresa 3



La Empresa 3 dispone de un sistema de aprovechamiento Figura 11, que se realiza bajo techo específicamente en un invernadero haciendo un control parcial de las condiciones climáticas que pueden afectar el compostaje; además, en el proceso hacen uso de una desbrozadora para picar de forma mecánica el material en fragmentos más pequeños y posteriormente, amontonar el material en pilas de acuerdo con su fase de descomposición que implica la realización de volteos.

Por el contrario, la Empresa 1, aprovecha sus residuos vegetales realizando una disposición directa de los mismos en las camas de siembra, es decir, no posee un espacio destinado al manejo de los residuos. Hay que tener en cuenta que para las tres empresas el material de partida para el compost únicamente es el residuo vegetal.

A continuación, para la empresa objeto de estudio (Empresa 2) se presenta la información cualitativa y cuantitativa que describe el proceso del compostaje convencional en la misma, tal como se ilustra en la Figura 12:

Figura 12. Proceso del compostaje convencional en la Empresa Flores Narváez (Empresa 2)



Es importante mencionar, que en las Empresas 2 y 3 se maneja un proceso de compostaje aeróbico; para el cual las variables de aireación, temperatura y humedad del compost resultan ser las más importantes en la operación. La aireación en el compostaje favorece las condiciones aerobias del sustrato y la homogenización de la mezcla con el fin de obtener un proceso de estabilización de la misma, para esto se requiere un volteo periódico de la pila de compost, lo cual no se lleva a cabo en el proceso de compostaje en las dos empresas. La escasa aireación en el proceso supone una insuficiente evaporación de agua que genera exceso de humedad en el compost, derivándose en malos olores y un ambiente de anaerobiosis, lo que es representativo en ambas empresas (Román et al., 2013, p. 26).

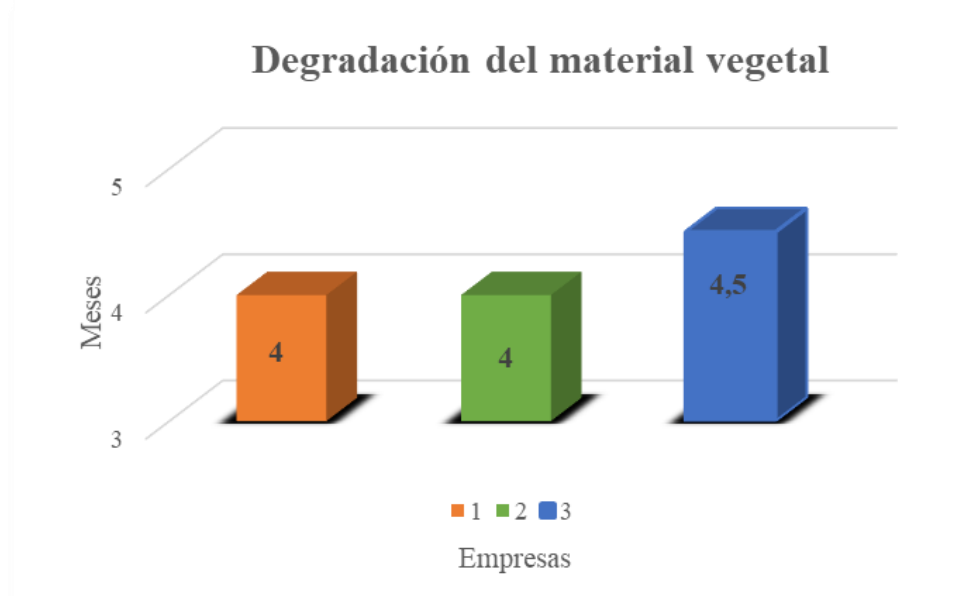
En lo que respecta a la humedad, se debe adicionar agua en forma de aspersión en simultáneo a los volteos, y para su medición se ha de realizar “la técnica del puño” para así garantizar que el material cuenta con la humedad ideal (Román et al., 2013, p. 58). En el caso de la Empresa 2, esta realiza el riego del material de forma superficial a necesidad durante la temporada seca bajo el criterio del operario y en temporadas de alta precipitación no es requerida esta actividad, por ende, no se tiene un control adecuado de la humedad para asegurar los niveles recomendados de este parámetro en

el material, tal como sucede en la Empresa 3 en donde se realiza un riego superficial de sus pilas 1 vez a la semana.

En cuanto a la temperatura, en el proceso tiene un rango de variación considerable en función de la fase en la que se encuentre, al iniciar el compostaje se encuentra a temperatura ambiente, luego con la transición de las fases puede oscilar entre los 65°C y retornar a la temperatura ambiente al cumplir la fase de maduración, además es indispensable controlar la temperatura semanalmente mediante el uso de un termómetro muestreando varios puntos alrededor de la pila (Román et al., 2013, pp 30 y 58).

De este modo, se logró evidenciar que en la empresa 2 y 3 no se realiza una medición de la temperatura a lo largo del proceso, lo cual puede indicar un sesgo en el tiempo dado al cumplimiento de cada una de las fases del compostaje, por consiguiente, se consideró el aspecto del tiempo de descomposición de los residuos, tal como se representa en la Figura 13. En la cual se observa que, para la Empresa 1 toma un tiempo de 4 meses la descomposición de los residuos dentro de las camas de siembra y para la Empresa 2 el retorno de los residuos al cultivo supone un tiempo de 4 meses, en el cual el sustrato agregado (Compost) alcanza una fase Mesofílica II por las condiciones dadas. Por el contrario, para la Empresa 3 el uso de la picadora industrial (desbrozadora) de residuos reduce el tamaño de los mismos y contribuye a acelerar el tiempo de degradación, para lograr una fase de inicial de la maduración en 4,5 meses aproximadamente (Román et al., 2013, pp. 25-27).

Figura 13. *Tiempo de degradación del material vegetal*



De esta manera, resulta indispensable asegurar la calidad del bioabono mediante la incorporación al ciclo productivo en su fase terminal de maduración como aporte de materia orgánica al suelo, ya que ha demostrado mayores beneficios en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; al proporcionar estabilidad estructural y una mejora de su porosidad, lo que incrementa su tasa de

infiltración, a su vez genera un aumento de la concentración de CO y la presencia de bacterias solubilizadoras de fosfato y fijadoras de nitrógeno, del mismo modo, existe una disminución en la densidad aparente que contribuye a un mejor enraizamiento de las plantas (Garzón et al., 2020, p. 1).

Ecuación 1. *Cálculo del área de aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa 2*

$$\text{Área} = 3\text{ m} \times 4\text{ m} = 12\text{ m}^2$$

Ecuación 2. *Cálculo de la capacidad máxima para el aprovechamiento de residuos vegetales en la Empresa 2*

$$\text{Volúmen} = 3\text{ m} \times 4\text{ m} \times 2\text{ m} = 24\text{ m}^3$$

Ecuación 2.1. *Capacidad disponible para el aprovechamiento de residuos vegetales en temporada alta en la Empresa 2*

$$24\text{ m}^3 - 21\text{ m}^3 = 3\text{ m}^3$$

Ecuación 2.2. *Residuos generados en temporada alta en la Empresa 2*

$$\text{Volúmen} = 3\text{ m} \times 4,2\text{ m} \times 2\text{ m} = 25,2\text{ m}^3 - 21\text{ m}^3 = 4,2\text{ m}^3$$

Ecuación 2.3. *Sobreacumulación de residuos*

$$4,2\text{ m}^3 - 3\text{ m}^3 = 1,2\text{ m}^3$$

Ecuación 3. *Cálculo del área del volumen*

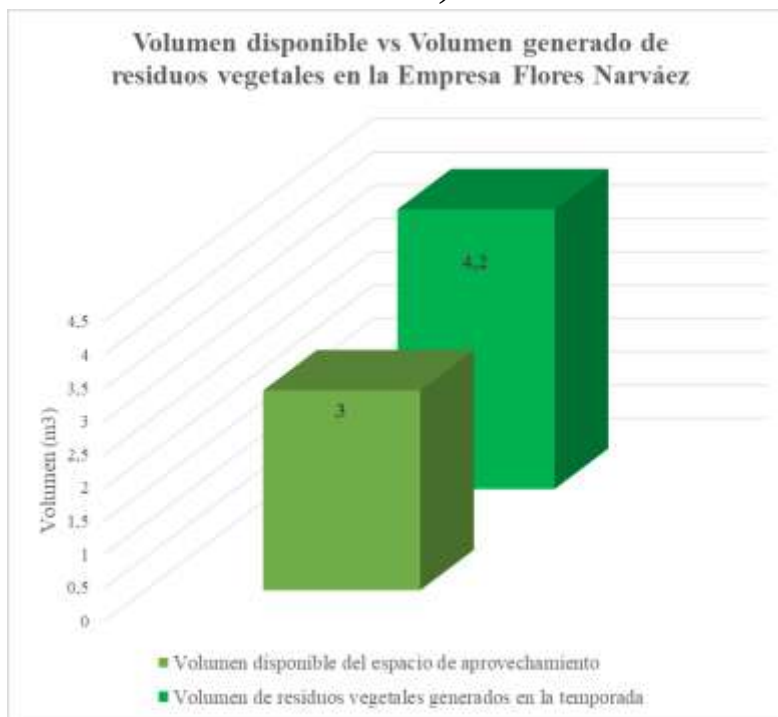
$$\sqrt[3]{1,2\text{ m}^3} = a = 1,062\text{ m}$$

$$a = l \Rightarrow 1,062\text{ m} = l$$

$$l^2 = (1,062\text{ m})^2 = A$$

$A = 1,13\text{ m}^2$ área de ocupación de residuos vegetales en las camas de cultivo de flores

Figura 14. Sobreacumulación de residuos en la Empresa 2 (Empresa Flores Narváez - objeto de estudio)



Otros aspectos que se tomaron en cuenta y se relacionaron fueron el volumen de los residuos vegetales contra la capacidad máxima del espacio de aprovechamiento de estos para las empresas consultadas, lo que tiene relación con su actividad comercial y su nivel de producción.

En la Empresa 1, se genera un volumen de $0,378 \text{ m}^3$ de residuos vegetales en la temporada del mes de las madres, un valor bajo en comparación con las empresas evaluadas, debido a su escaso nivel de producción dirigido al comercio interior, por tanto, no cuenta con un área específica de aprovechamiento de residuos vegetales.

En el caso de la Empresa 2, dedicada a la exportación y el comercio interior, dispone de un espacio de 12 m^2 con una capacidad de 24 m^3 , conforme a lo demostrado en la Ecuación 1 y 2 respectivamente. Sin embargo, al inicio de la temporada, ya se han ocupado 21 m^3 del espacio con residuos generados en temporadas de menor producción, lo que reduce la capacidad del espacio disponible para la disposición y aprovechamiento de residuos vegetales en la empresa a 3 m^3 como se demuestra en la Ecuación 2.1.

Durante la temporada del mes de las madres, se generaron $4,2 \text{ m}^3$ de residuos vegetales, según la Ecuación 2.2. Esto resultó en una sobreacumulación de $1,2 \text{ m}^3$ de residuos vegetales, como se ilustra en la Figura 13. Para gestionar esta sobreacumulación, se optó por una disposición temporal en las camas de cultivo, ocupando aproximadamente $1,13 \text{ m}^2$ de espacio. Esta decisión se tomó debido a la falta de espacio necesario para la gestión actual de los residuos vegetales, como se describe en la Ecuación 3. Este resultado se debe a la falta de planificación en cuanto al espacio necesario para la disposición y tipo de sistema de aprovechamiento, sin tener en cuenta una

proyección de los residuos vegetales generados que permitiera prever este tipo de problemáticas. Es importante aclarar, que la Empresa 2 hace entrega de los residuos excedentes a la empresa Emserchia E.S.P., que como destino final dispone dichos residuos en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo. Esta práctica contribuye al aumento de la huella de carbono del sector floricultor por parte de la empresa con la generación de emisiones indirectas de CO₂ asociadas al transporte de los residuos por parte del gestor municipal, impidiendo de esta forma el cierre de ciclo deseado (Frohman y Olmos, 2013, p. 40).

A diferencia de la Empresa 3, dedicada en un 100% a la producción de flores de exportación con mayores ventas en comparación con la Empresa 2, lo cual exige una adecuada gestión de sus procesos y calidad de sus productos. Por consiguiente, esta empresa cuenta con un espacio destinado al aprovechamiento de residuos de 28 m² con una capacidad de 56 m³ suficiente para tratar 22,5 m³ de residuos generados en temporada alta (San Valentin). Lo cual, resulta ser un claro ejemplo de la importancia de la proyección de la generación de los residuos vegetales en las empresas, puesto que prevé alteraciones en la dinámica de la actividad floricultora (Castro, 2022, p. 58). Para ello, es necesario que todos los productores de flores cuenten con medidas preventivas como un programa de manejo de residuos sólidos y medidas correctivas como el aprovechamiento eficiente de los residuos vegetales (Asocolflores et al., 2002, p.45).

Ecuación 4. Área de cubrimiento de la cantidad de abono producido

$$A_{TC} = \frac{\frac{600 \text{ kg}}{2}}{4 - 5 \text{ kg/m}^2} = \frac{300 \text{ kg}}{4 - 5 \text{ kg/m}^2} = 60 - 75 \text{ m}^2$$

Además, se tuvo en cuenta el aspecto del peso de los residuos vegetales en la temporada del mes de las madres y tal como se expone en la Figura 11 se genera un valor de 40 kg por día para un total de 600 kg por la temporada (15 días), del cual se parte para conocer la cantidad de bioabono resultante, teniendo en cuenta que durante el proceso de descomposición se reduce hasta en un 50% el material de partida (Román et al., 2013, p. 52) obteniendo así 300 kg respectivamente. Es pertinente mencionar que la cantidad de compost recomendada es de 4 a 5 kg por m² (Román et al., 2013, p. 52) y para el caso de la empresa se estarían cubriendo 60 - 75 m², de acuerdo a la Ecuación 4, del área de cultivo que corresponde a 901,6 m², en este caso la oferta de compost cubre alrededor de una doceava a quinceava parte de la demanda.

En cuanto a la variable de control de plagas y enfermedades se consideró el aspecto de mantenimiento del cultivo a partir de la consulta del tipo de control de plagas y enfermedades y el tipo de aporte de nutrientes para las plantas (de origen químico, biológico y orgánico). En el caso de Empresa 2, para el mantenimiento del cultivo se emplean agroquímicos y abono producido en la misma finca. Sin embargo, es bien sabido, que antes de considerar la aplicación de agroquímicos se deben emplear todas las fuentes disponibles de origen orgánico convertidas en abono (Land and Water Division, 2002, p. 11), debido a que los agroquímicos no se degradan con facilidad y pueden permanecer por mucho tiempo en el ambiente produciendo impactos ambientales significativos (Herrera y Riffo, 2007, p. 11). Se trata entonces, de un caso para el que el uso de abono orgánico no es suficiente tal como se demostró en la ecuación 4, pero, disminuye la cantidad y dependencia

de insumos externos de síntesis química; por otra parte, los requerimientos de agroquímicos a ser aplicados son los siguientes descritos en la Tabla 7 a continuación:

Tabla 7. Agroquímicos empleados para el cultivo de Alstroemerias en la Empresa Flores Narváez

Tipo de agroquímico	Nombre	Frecuencia	
Fertilizantes	Urea	1 vez/mes	Dilución 1:1 Para toda la aplicación del cultivo 300 L de agua: 300 mL de agroquímico
	Agrispon	1 vez/semana	
	Biocel		
	Globafol		
	Cropstar		
	Ergostin		
	Fosfato monopotasico		
Fungicidas	Impact	2 veces/mes	
	Luna		
	Moncut		
	Mancozeb		
	Calidan		
Insecticidas	Belt	1 vez/mes	
	Oberon		
	Atrin		
	Nilo		
	Target		
Plaguicidas	Matababosa	1 vez/mes	

Esto brinda una visión acerca de las características químicas del material de origen del compostaje, ya que de acuerdo con esto se podría generar un efecto adverso en contraste con el objetivo del bioabono. Por tanto, se destaca el uso del fertilizante nitrogenado urea, que contiene como ingrediente activo el nitrógeno a un 46% (Agroinsumos Fertisa, 2023), un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas que presenta alta movilidad en las matrices ambientales, pero según su concentración se puede ver como un factor contaminante de acuerdo con los límites permisibles del mismo sobre los recursos naturales. La urea es un fertilizante soluble en agua, que por infiltración y/o escorrentía a través del suelo llega a cuerpos de agua superficiales y subterráneos contaminando pozos y acuíferos (Gutiérrez, 2018), causando eutrofización y deterioro de la calidad para consumo (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.). Impacto, que desde la economía circular se puede medir a través de la huella gris de actividad floricultora de la empresa. A su vez, por las pérdidas de nitrógeno que puedan existir por volatilización al aplicar dicho fertilizante de forma superficial en el suelo (Herrera y Riffo, 2007, p. 34; Vega, 2017, p. 9), llega a contaminar el aire por la emisión del amoníaco (NH_3) que deteriora la calidad del aire (Ávila, 2019, p.1).

La contaminación del aire y del agua deteriora la calidad de estos recursos naturales, los cuales son indispensables para garantizar la salud pública. La exposición a estos puede generar impactos negativos en la salud, como enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer, enfermedades gastrointestinales, infecciones, entre otras (Ávila, 2019; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.). Además, de afectar la SST de los trabajadores en vista del manejo de los productos para la protección de cultivos (Cuevas, 2018; Sygenta, 2020, p.1), que para la Empresa 2 se presenta en la Tabla 8, al usar Elementos de Protección Individual (EPI) incompletos

en la manipulación de productos químicos y seguir únicamente la etiqueta de los productos a la hora de su aplicación olvidando las normas y regulaciones nacionales.

Tabla 8. Las 5 reglas de oro para el manejo de agroquímicos

5 reglas de oro	Ítem a evaluar	Cumple	No cumple	Parcialmente
<i>Tenga precaución en todo momento</i>	Manipula cuidadosamente los productos para la protección de cultivos, evitando contaminarse a sí mismo y al ambiente	✓		
	Limpia inmediatamente los derrames de los productos para la protección de cultivos.	✓		
	Mantiene a niños, animales y personas lejos del lugar donde se manipulan los productos para la protección de cultivos.	✓		
<i>Lea y entienda la etiqueta del producto</i>	Lee y entiende la etiqueta del producto o hace que alguien la lea para usted. Si no está seguro, busca la asesoría de expertos de campo locales.	✓		
	Cuando aplica los productos para la protección de cultivos, cumple siempre con las normas y regulaciones locales.			✓
<i>Practique una buena higiene personal</i>	Tiene en cuenta las prácticas adecuadas de higiene personal y las aplica cuando manipula los productos para la protección de cultivos.	✓		
	No fuma ni consume alimentos o bebidas mientras manipula los productos para la protección de cultivos.	✓		
<i>Use equipos de protección personal adecuados</i>	En toda actividad relacionada con productos fitosanitarios, utiliza los equipos de protección personal recomendados en la etiqueta o el que resulte aplicable según los requerimientos locales.			✓
	Usa guantes de protección de nitrilo, máscaras			✓

	con filtro, protección ocular y botas cuando manipula los productos para la protección de cultivos.			
<i>Mantenga en óptimas condiciones el equipo de aplicación</i>	Hace mantenimiento regular a los equipos de aspersión y siembra para asegurarse de que funcionen adecuadamente y no presenten pérdidas.	✓		
	Calibra las pulverizadoras para aplicar las proporciones recomendadas		✓	
	Selecciona las boquillas correctas según la aplicación	✓		

9.2 Dimensión Social

Figura 15. Educación ambiental acerca del aprovechamiento de los residuos vegetales en la floricultura

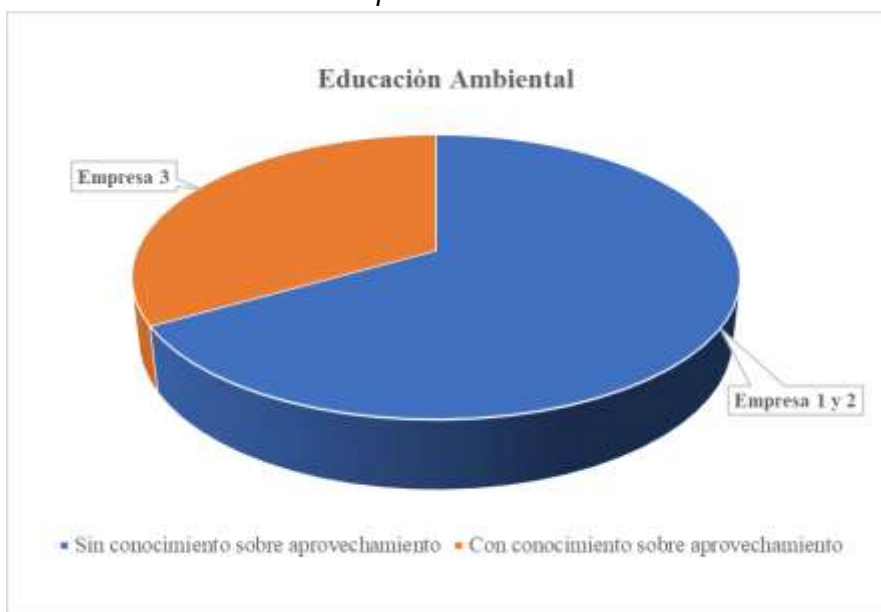
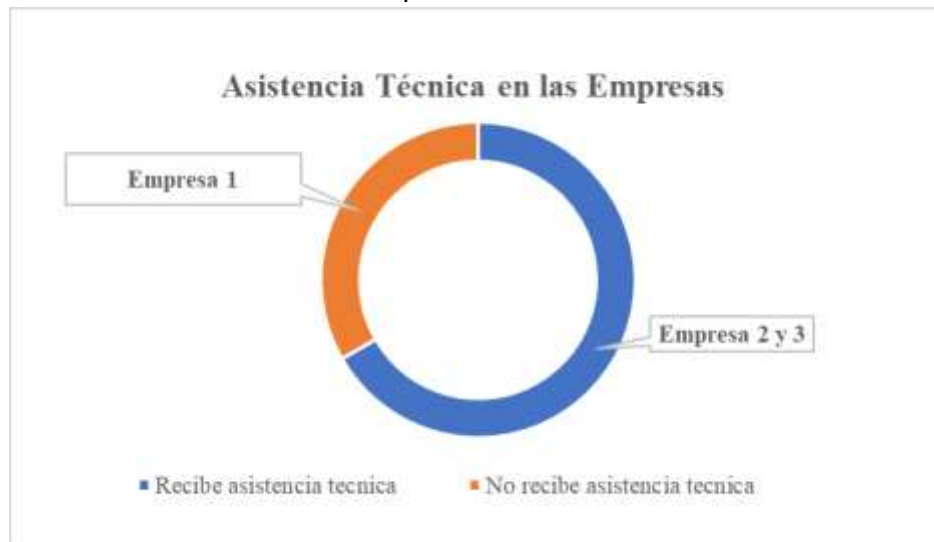


Figura 16. Asistencia técnica acerca del aprovechamiento de los residuos vegetales en la floricultura



En esta dimensión se interrelacionaron las variables de educación ambiental y asistencia técnica, teniendo en cuenta los aspectos de nivel de conocimiento acerca del aprovechamiento de residuos vegetales, frecuencia de asistencia técnica y tipo de capacitaciones recibidas, cuyos resultados se muestran en las figuras 15 y 16. En la Empresa 1, el personal encargado de la operación no dispone de educación formal en el tema y no recibe asistencia técnica, aunque posee experiencia para llevar a cabo la actividad. De otro lado, la Empresa 2 cuenta con personal capacitado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) en Buenas Prácticas Agrícolas, Identificación de plagas, hongos y enfermedades, Uso responsable de agroquímicos, Eficiencia de los recursos y operativa. Esta capacitación ha permitido a la empresa identificar oportunidades de mejora, como el aprovechamiento ineficiente de los residuos vegetales. En el caso de la Empresa 3, el personal que apoya la actividad cuenta con educación técnica y profesional sobre el tema, sin embargo, se ha limitado su seguimiento y control con respecto a la calidad de sus procesos y la adopción de una cultura de buenas prácticas al interior de la empresa en relación con las recomendaciones de la asistencia técnica que recibe por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) 2 veces por año, Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores) 3 veces por año y ocasionalmente por el MinAgricultura y Desarrollo Rural. Por lo anterior, la empresa 3 presenta un avance en comparación con las empresas 1 y 2 en torno a la gestión de sus residuos vegetales.

Lo anterior, es una muestra de que el sector floricultor en Colombia enfrenta el desafío de mejorar los estándares de capacitación para garantizar una gestión eficiente de los residuos. Para ello, es necesario que las entidades gubernamentales como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el MinAgricultura y Desarrollo Rural, las asociaciones de floricultores como la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores) y las empresas brinden asistencia técnica de manera frecuente y actualizada, además de asegurar que los colaboradores responsables de la operación cuenten con la competencia para el adecuado desarrollo de la actividad (Gómez, 2019). Esto

contribuye a la adopción de métodos de producción sostenibles de la mano de la mecanización de los procesos en función de las condiciones ambientales e incrementar las oportunidades de participación en las cadenas de valor modernas, potenciar el desarrollo sostenible del sector floricultor, impulsar modelos circulares con beneficios ambientales y reducir los impactos asociados a la actividad (Gómez, 2019).

9.3 Dimensión Económica

En relación con esta dimensión se definió el costo total del proceso de aprovechamiento de residuos vegetales en la empresa 2 y 3 en la temporada alta de producción de flores (15 días), tal como se presenta en la Tabla 11. Considerando, por un lado, los costos de instalación (fijos), que incluyen: equipo y maquinaria, infraestructura e instalación, y por el otro, los costos de operación (fijos y variables), que abarcan: mano de obra (sobre el SMMLV), servicios públicos e insumos. Estos costos específicos para la empresa 2 y 3 se detallan en la Tabla 9 y 10 respectivamente, los cuales se manejaron bajo un análisis de precios unitarios. En base a la información suministrada por cada una de las empresas para llevar a cabo su proceso de aprovechamiento de residuos.

Tabla 9. Costos de aprovechamiento de residuos en la Empresa 2

*Costos de instalación (Empresa 2)				
Clase		Cantidad	Valor unidad	Valor total
Equipo y maquinaria	Motobomba (1 HP)	1	\$ 274.900	\$ 274.900
	Baritanque (1.000 L)	1	\$ 471.900	\$ 471.900
	Pala	1	\$ 71.900	\$ 71.900
	Manguera (100 m)	1	\$ 120.900	\$ 120.900
	Acoples de manguera	1	\$ 44.900	\$ 44.900
Infraestructura e instalación	Invernadero (espacio de aprovechamiento)	12 m ²	\$ 18.000	\$ 216.000
Total				\$ 1.200.500
*Costos de operación mensual (Empresa 2)				
Clase		Cantidad	Valor unidad	Valor total
Dedicación	Tiempo	15,4 h	\$ 4.936	\$ 76.014
Servicios públicos	Energía (motobomba 1HP → 0,746 kWh)	4 h/mes	1 kWh = \$ 781,4257	\$ 2.331
Insumos	Lonas o costales	5/mes	\$ 1.450	\$ 7.250
Total				\$ 85.595
*Costos de operación anual (Empresa 2)				
Clase		Cantidad	Valor unidad	Valor total
Dedicación	Tiempo	184,8 h	\$ 4.936	\$ 912.172
Servicios públicos	Energía (motobomba 1HP → 0,746 kWh)	48 h/año	1 kWh = \$ 781,4257	\$ 27.981
Insumos	Lonas o costales	60/año	\$ 1.450	\$ 87.000
Total				\$ 1.027.153

* Nota: los costos están expresados en COP 4.114, 80 que equivale a 1 USD a octubre de 2023.

Tabla 10. Costos de aprovechamiento de residuos en la Empresa 3

*Costos de instalación (Empresa 3)				
	Clase	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Equipo y maquinaria	Picadora	1	\$4.139.000	\$4.139.000
	Motobomba (1 HP)	1	\$458.900	\$458.900
	Baritanque (1000 L)	1	\$471.900	\$471.900
	Carretilla	1	\$217.000	\$217.000
	Contenedor de residuos (1.100 L)	1	\$1.000.000	\$1.000.000
	Pala	3	\$71.900	\$215.700
	Manguera (100 m)	1	\$306.900	\$306.900
Infraestructura e instalación	Invernadero (espacio de aprovechamiento)	28 m ²	\$18.000	\$504.000
	Piso en concreto	28 m ²	\$69.980	\$1.794.240
Total				\$9.107.640
*Costos de operación mensual (Empresa 3)				
	Clase	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Dedicación	Tiempo	43 h	\$4.936	\$212.248
Servicios públicos Chía (Comercial)	Acueducto y Alcantarillado Chía (Aporte 50%)	1,44 m ³ /1 bimestre	Acueducto 1 m ³ = \$4.247 Alcantarillado 1 m ³ = \$3.572 Aseo \$52.300	\$68.513
	Energía (motobomba 1 HP → 0,746 kWh)	8 h/mes	1 kWh = \$781,4257	\$4.663
Insumos	Melaza	1 Kg/mes	\$14.500	\$14.500
Servicio	Transporte interior de residuos vegetales	22,5 m ³ de residuos vegetales/temperatura alta (15 días)	1 m ³ = \$11.946	\$268.785
Total				\$568.709
*Costos de operación anual (Empresa 3)				
	Clase	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Dedicación	Tiempo	516 h	\$4.936	\$2.546.976
Servicios públicos Chía (Comercial)	Acueducto y Alcantarillado Chía	8,64 m ³ /6 bimestres	Acueducto 1 m ³ = \$4.247 Alcantarillado 1 m ³ = \$3.572 Aseo \$52.300	\$119.856

	Energía (motobomba 1 HP → 0,746 kWh)	96 h/año	1 kWh = \$781,4257	\$4.663
Insumos	Melaza	12 Kg/año	\$14.500	\$14.500
Servicio	Transporte interior de residuos vegetales	22,5 m ³ de residuos vegetales/temperatura alta (15 días)	1 m ³ = \$11.946	\$268.785
Total				\$2.954.780

* Nota: los costos están expresados en COP 4.114, 80 que equivale a 1 USD a octubre de 2023.

De lo anterior, es importante señalar que la fuente de suministro de agua para el riego de los residuos en la empresa 2 es el agua lluvia, como la más recomendada para el proceso, contrario a la empresa 3 que se abastece del agua potable proveniente del acueducto para tal fin, lo cual pone en riesgo la actividad de los microorganismos en el compostaje por los altos contenidos de cloro que la caracterizan (Universidad Nacional de Colombia, 2014, p.46).

Así mismo, se destaca que la empresa 3 cuenta con una carretilla para facilitar el transporte de los residuos hacia un contenedor de residuos donde se acopian temporalmente los residuos, que posteriormente son transportados internamente por un camión debido a la distancia del sitio de generación con el sitio de aprovechamiento de residuos y al volumen que manejan. A diferencia de la empresa 2 que realiza este proceso de manera manual por medio de lonas, al manejar un volumen de residuos menor y contar con una distribución asertiva de los espacios (Martínez, 2006, p. 19), sin embargo, esto implica un esfuerzo mayor en términos de SST. Mientras que en la empresa 1, solo se requiere el uso de lonas para disponer de forma directa los residuos frescos sobre las camas de siembra, por tanto, no se considera significativa la valoración económica de su aprovechamiento de residuos dentro de este apartado.

Además, es importante notar que la empresa 3 se destaca por el uso de una picadora de residuos para prepararlos siguiendo las recomendaciones, reduciendo su tamaño a un rango de 5-10 cm (Universidad Nacional de Colombia, 2014, p.29). En contraste, la empresa 2 opta por manejar sus residuos vegetales en su estado original, lo que resulta en un proceso de descomposición más prolongado debido al mayor tamaño de los residuos.

Igualmente, en la infraestructura de la empresa 3 se incluye la adecuación de un piso en concreto que previene la infiltración de los lixiviados al suelo y que a su vez permite la captura de estos con un sistema complementario. Mientras que la empresa 2, no cuenta con una preparación de la superficie del suelo ni con un sistema de recolección de lixiviados. Esto es un aspecto que no debe pasarse por alto, ya que los lixiviados pueden causar impactos negativos sobre las matrices ambientales (Román, 2013, pp. 14 y 75).

Figura 17. Número de colaboradores en el proceso

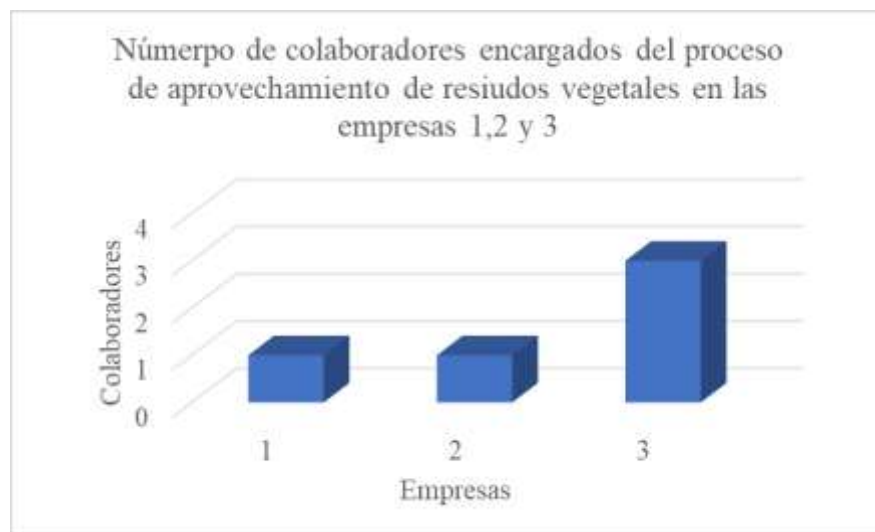
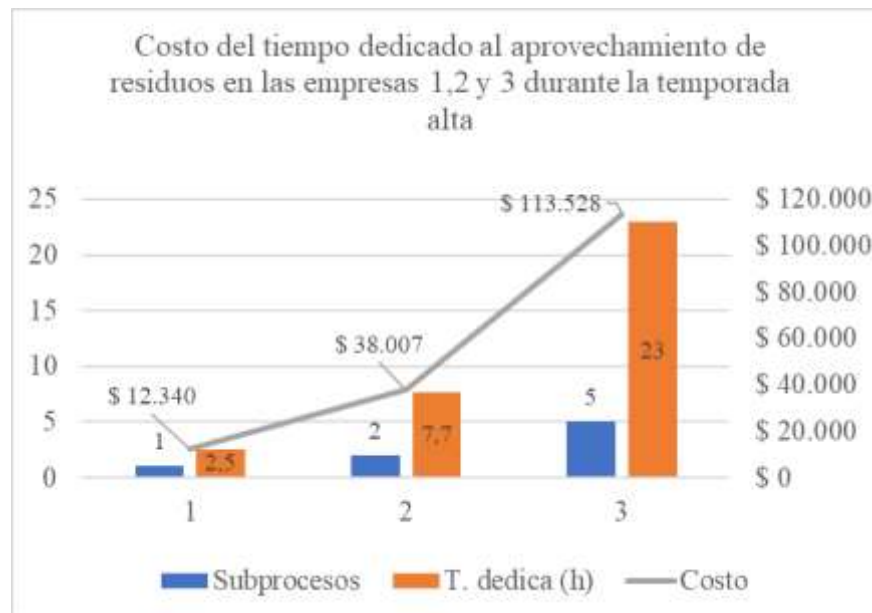


Figura 18. Costo del tiempo dedicado al aprovechamiento de residuos en las empresas 1,2 y 3 durante la temporada alta.



Los colaboradores que desarrollan el proceso del compostaje para las empresas 1, 2 y 3 dedican alrededor de 2,5 7,7 y 23 horas respectivamente a esta actividad, teniendo en cuenta que la empresa 3 requiere de 3 colaboradores para este fin, puesto que se involucran un mayor número de subprocesos. A diferencia de las empresas 1 y 2, que cuentan con 1 colaborador y un menor número de subprocesos como se muestra en la Figura 17 y 18. En relación con esto, se consultó el tiempo destinado a este proceso por parte de los colaboradores, para determinar el costo que se le acredita a dicha actividad durante la temporada alta (15 días) en las tres empresas, como se presenta en la Figura 18.

Tabla 11. Costo total del aprovechamiento de residuos en la empresa 2 y 3

*Costo total del aprovechamiento de residuos actual en la empresa 2 y 3	
Empresa	Valor total
2	\$2.227.653
3	\$12.062.420

*Nota: En el costo total del aprovechamiento de residuos actual se asume el costo instalación y el costo de operación anual, puesto que a partir del segundo año se cuenta únicamente el costo de operación anual.

A partir de la tabla 11, se observa que el costo del aprovechamiento de residuos en la Empresa 2 es inferior al de la Empresa 3, debido a factores relacionados con su nivel de producción y la planificación ambiental de ambas empresas. La determinación de este factor influye en la toma de decisiones por parte de las empresas floricultoras, ya que puede resultar en gastos adicionales o ahorros de recursos y tiempo (EPA, 2023, p.1). Sin embargo, es imperativo garantizar que esto no comprometa la capacidad de las matrices ambientales de asimilar los efectos que se puedan generar por dicha actividad. En las empresas 2 y 3, se ha identificado que, sin importar el costo asociado al proceso de aprovechamiento, existen deficiencias en los subprocesos que están afectando el cierre del ciclo productivo.

Resultados objetivo específico 2: Evaluar alternativas para la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales que se adapten a las condiciones de la finca a través de un análisis multicriterio.

En base a la información primaria y secundaria recopilada durante el diagnóstico de la problemática en cuestión, a continuación, se presenta una descripción de las cuatro (4) alternativas de aprovechamiento de residuos vegetales potenciales para la optimización de dicho proceso en la Empresa Flores Narváez. Así como la posterior la posterior ejecución de la matriz de evaluación multicriterio Tabla 12.

El **vermicompostaje** es una alternativa que se ocupa de emplear lombrices de tierra para acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos y vegetales, transformándolos en humus o abono orgánico a través de su proceso metabólico (Flórez, 2020). Para este propósito, requiere el uso de un vermicompostador de tipo comercial, como el más recomendado para mantener las condiciones óptimas de la población de lombrices, como la humedad en un rango de 60-90%, la temperatura más adecuada entre 15 y 20°C, un pH entre 5 y 9, la ausencia de luz, la aireación, la separación de las diferentes fases del proceso y la recolección de lixiviados (Vermican, s.f; Guanche, 2015). En cuanto a la selección de los especímenes, se sugiere emplear la especie *Eisenia Fetida*, comúnmente conocida como lombriz roja californiana, debido a su adaptabilidad al medio, alta tasa de reproducción, que duplica su población al tercer mes de ser cultivada, y alta voracidad, que le permite convertir el 60% de los residuos vegetales que consume en humus, al igual que por su capacidad de permanecer en sitio, es decir, que no tiene hábitos migratorios, y conservar su

pureza genética (La Finca de Hoy, 2018; Guanche, 2015). Se trata de una alternativa, donde la cantidad de residuos es un factor clave para determinar el tamaño del vermicompostador y la cantidad de lombrices a utilizar (Vermican, s.f).

Los **microorganismos eficientes (EM)** conforman una alternativa que asocia una gran diversidad microbiana, incluyendo esencialmente bacterias ácido-lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras, presentes en ecosistemas naturales lo que hace que sean de fácil acceso. Estos microorganismos desarrollan una sinergia metabólica que facilita la capacidad de adaptarse a entornos complicados, y al ser inoculados en la elaboración de compost genera múltiples beneficios en el bioabono producido y en su entorno como; neutralizar y prevenir los malos olores; acelerar la descomposición de la materia orgánica culminando el proceso entre los 90 a 95 días a través de la fermentación del mismo, la cual evita la proliferación de insectos vectores (no se desarrollan en este medio); disminuir la lixiviación debido a que tienen la facultad de crear una capa protectora que evita la pérdida de nutrientes y lixiviación (Liberato, 2020); promover el crecimiento y el desarrollo de las plantas por su valor nutricional; eliminar fitopatógenos; mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos y la calidad del compost por lo que aumenta su capacidad de retener carbono que se deriva en la disminución de la liberación de gases GEI, no son nocivos, tóxicos ni genéticamente modificados antrópicamente, además crea una fuente de ingresos al generar un cultivo autosuficiente en términos de fertilizantes (Delgado, 2019; Banco Interamericano de Desarrollo, 2009; Naranjo, 2013).

La combinación de dos alternativas como el **compostaje de tambor rotatorio y el vermicompostaje** ofrece mayores posibilidades para optimizar el aprovechamiento de los residuos, al contrarrestar las desventajas que presentan dichas alternativas de manera individual. Formando así un único sistema compuesto de dos etapas, pre compostaje de la materia orgánica y lombricompostaje, que reduce al 50% el tiempo del procesamiento de los residuos, procesa cargas de hasta 70 kg de subproductos y residuos en 15 días, permite un mejor control de las condiciones del compostaje, da cumplimiento a todas las fases del proceso e incrementa la producción de abono (Pottipati et al., 2022; Colombia Potencia de Vida, s.f.).

El **Bocashi**, es un tipo de abono orgánico rico en nutrientes, que se presenta como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos vegetales, ya que como materia prima principal requiere de residuos orgánicos de origen orgánico y vegetal, seguido del estiércol y de otros insumos como: el carbón vegetal (oxigena el abono), la gallinaza o los estiércoles (principal fuente de nitrógeno), la cascarilla de arroz (controlar excesos de humedad), la pulidura o salvado de arroz o afrecho (favorecen la fermentación del abono por la presencia de vitaminas complejas), la melaza de caña o chancaca o piloncillo (principal fuente energética para la fermentación), levadura, tierra de floresta virgen o manto forestal y bocashi (que constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica), tierra común (provee homogeneidad física al abono y la distribución de su humedad), carbonato de calcio o la cal agrícola (que regulan la acidez durante todo el proceso de la fermentación) y agua (homogeneizar la humedad) (Jordán & Pizarro, 2020; Ministerio de Agricultura y ganadería, 2011).

Su elaboración consiste en previamente realizar una mezcla de melaza, agua y levadura, y de otro lado, picar los residuos orgánicos y vegetales, y si se desea, dejarlos secar, una vez hecho esto, se deben disponer los residuos y los demás insumos uno tras otro para ser homogenizados formando una pila no superior a 50-60 cm, posterior a esto, se debe aplicar frecuentemente la mezcla preparada inicialmente para mantener la humedad apropiada de las pilas, realizar volteos y mediciones de temperatura, humedad y pH diariamente manteniendo un registro de las mismas (Jordán & Pizarro, 2020; Ministerio de Agricultura y ganadería, 2011). Para llevar a cabo este proceso se debe contar con un área de preparación con una superficie plana, así como con un espacio protegido de factores como la luz solar, el viento y la lluvia para mantener las condiciones necesarias de la fermentación (La Finca de Hoy, 2019; Ministerio de Agricultura y ganadería, 2011). Este procedimiento puede tardar alrededor de 7 - 20 días dependiendo de la cantidad y el tipo de materiales empleados, así como los esfuerzos realizados, para obtener el abono (Jordán y Pizarro, 2020; Ministerio de agricultura y ganadería, 2011).

.

Tabla 12. *Análisis multicriterio de las alternativas dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales*

Tipo de alternativa de aprovechamiento	Ecológico (técnico)							Social					Económico			Total	Clasificación de la alternativa de aprovechamiento
	Requerimiento de agua	Manejo de lixiviados	Emisión olores	Emisión de GEI	Tiempo de descomposición	Calidad de la biomasa (NPK)	Adaptabilidad	Nivel de complejidad	Afectación salud	Adopción	Asistencia técnica	Tiempo de proceso	Costo de instalación	Costo de operación	Eficiencia (Relación Costo/Beneficio)		
Compost tradicional	2	1	1	1	2	2	3	3	2	3	2	1	3	3	2	31	Poco óptimo
Vermicompost	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	2	1	2	2	34	Medianamente óptimo
Microorganismos eficientes (ME)	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	39	Más óptimo
Compostaje de tambor rotatorio y Vermicompostaje	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	2	1	34	Medianamente óptimo
Bocashi	2	2	3	3	2	3	3	1	3	2	2	2	2	2	2	34	Medianamente óptimo

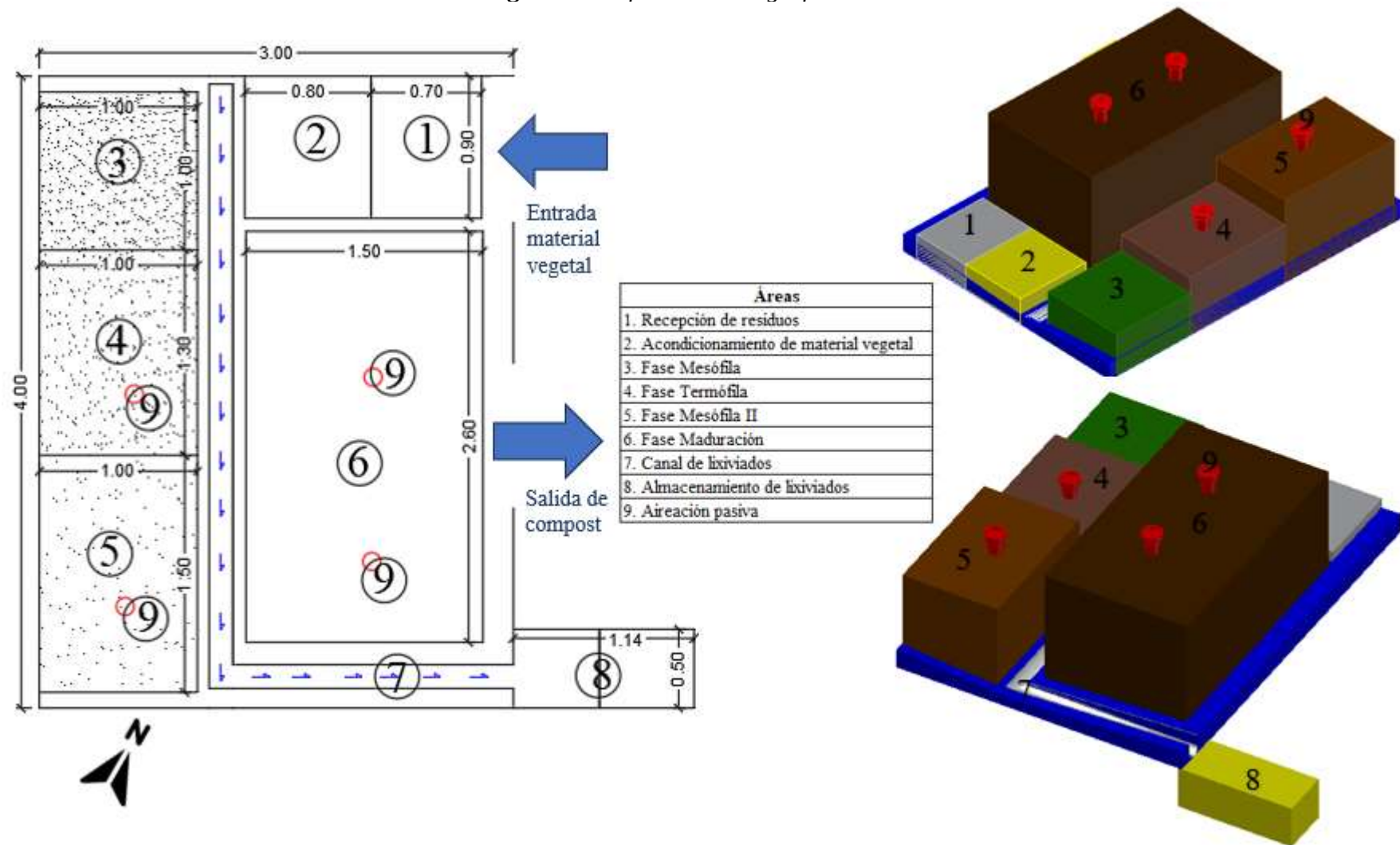
De acuerdo con la calificación obtenida por cada alternativa de aprovechamiento de residuos vegetales en la Tabla 12, los microorganismos eficientes (EM) son una alternativa altamente recomendable para optimizar el compostaje tradicional de la empresa Flores Narváez. Esto se debe a que el uso de EM presenta mayores ventajas en comparación con otros métodos. Esta alternativa, disminuye notablemente la **generación de lixiviados** (Liberato, 2020). Adicional a esto, es pertinente mencionar que, la dosis de aplicación de microorganismos eficientes determina tanto el tiempo de descomposición como el volumen del compost. Esto quiere decir que, cuanto mayor sea la dosis de aplicación de microorganismos, menor resultará un menor será el tiempo necesario para la descomposición y menor será el volumen final del compost (Camacho et al., 2014). Del mismo modo, el **nivel de complejidad** en la implementación de los microorganismos es bajo debido a que el procedimiento requiere de **insumos accesibles** y es fácilmente desarrollable. Además, el **nivel de conocimiento** necesario para su implementación se puede adquirir a través de diversas fuentes, como una **capacitación asistida**, un manual o una guía de la alternativa tal como la que se presenta a continuación en el objetivo 3. Finalmente, esta alternativa posee una significativa **adaptabilidad** puesto que la

captura de los microorganismos eficientes se puede realizar dentro del cultivo lo que permite que estos crezcan en las mismas condiciones del medio.

Resultados objetivo específico 3: Establecer el modelo y los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular para contribuir con el progreso de la gestión empresarial ambiental de la empresa.

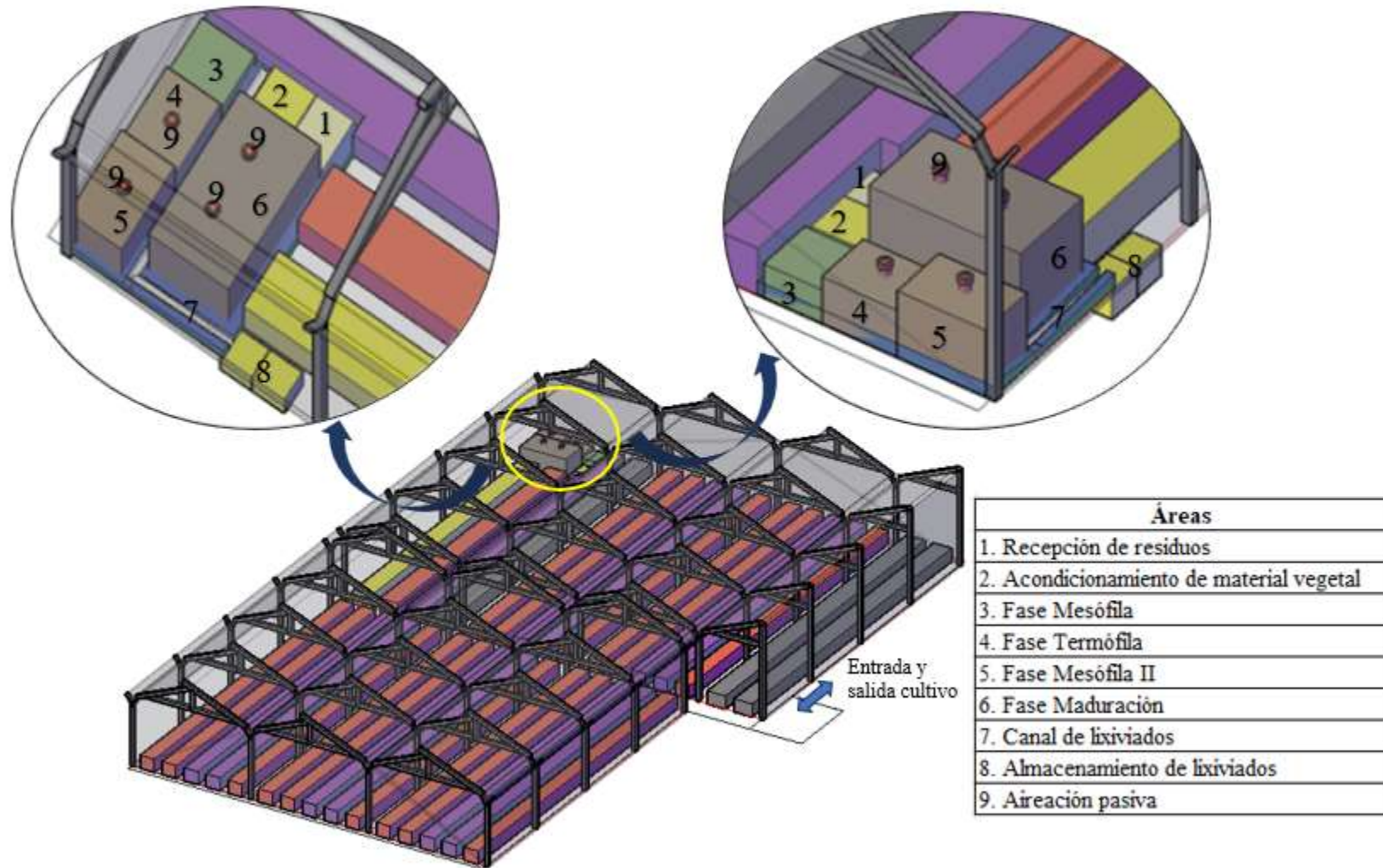
El sistema de economía circular encargado de la optimización del compostaje con el empleo de microorganismos eficientes (EM) consta de un espacio techado por el mismo invernadero y con piso en concreto, dividido en varias zonas para fines en específico Figura 19. En primer lugar, se cuenta con una zona destinada a la recepción temporal de los residuos vegetales. Al igual que, una zona para el acondicionamiento del material vegetal empleando una trituradora de residuos. Así como, una zona para realizar el proceso de compostaje por cada una de sus fases, que incluye un sistema de aireación por medio de tubos perforados que permiten la salida del gas interior y reducen el número de volteos y un sistema subterráneo para la captura de lixiviados mediante un canal que transporta los fluidos hasta un bidón, empleando estos para el riego de las pilas de compost.

Figura 19. Representación gráfica del sistema



Para el diseño del sistema, fue necesario definir su ubicación al interior de la empresa teniendo en cuenta que, debe estar cerca al sitio de generación de residuos vegetales (cultivo y área postcosecha), alejado de núcleos habitados como mínimo unos 500 m, así como de los cauces de los ríos y zonas inundables (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016), para lo cual se realizó la consulta del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Chía, cartografía temática y documentos afines, así como de la verificación en campo (Secretaría de Planeación, 2021). De esta manera, se establece que la ubicación idónea de acuerdo con el cumplimiento de la mayoría de los criterios, a excepción de la distancia mínima que debe mantener con núcleos habitados de acuerdo con la descripción del territorio, se sitúa con exactitud donde anteriormente se desarrollaba la actividad, cómo se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Plano de la empresa con zoom en el área dónde se va a ubicar el sistema



A continuación, se presenta la guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular que tiene como propósito ser un marco de referencia para orientar a la Empresa Flores Narváez en el manejo eficiente de sus residuos vegetales empleando microorganismos eficientes. Sin embargo, debido a restricciones de derechos de autor, la guía ilustrativa y explicativa para el productor no está disponible en este documento. Este material será presentado exclusivamente ante los jurados durante la sustentación del proyecto. En resumen, se expone la portada Figura 21, el índice de la guía Figura 22, los iconos de economía circular Figura 23 y el diagrama del proceso de economía circular Figura 24.

Figura 21. Portada de la guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular



Figura 22. Índice de guía con los lineamientos técnico-ambientales del sistema de economía circular

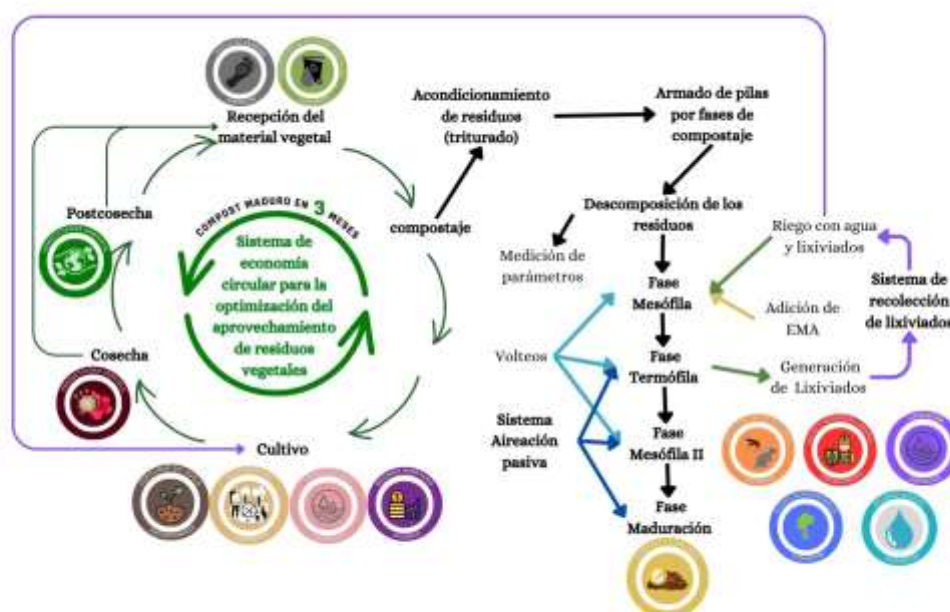
CONTENIDO
1. Objetivo
2. Glosario
2.1 Residuos vegetales
2.2 Compostaje
2.2.1 Características del compost
2.2.2 Proceso de degradación en el compostaje
2.3 Microorganismos eficientes
2.4 Beneficios del aprovechamiento eficiente de los residuos vegetales
3. Diseño del sistema de economía circular
3.1 Ubicación de la alternativa de economía circular
3.2 Distribución espacial de la alternativa de economía circular
3.3 Instalación de la alternativa de economía circular
3.4 Microorganismos eficientes
3.4.1 Captura de microorganismos eficientes (EM)
3.4.2 Activación de microorganismos eficientes (EMA)
3.5 Parámetros de control
3.5.1 Humedad
3.5.2 Aireación
3.5.3 Temperatura
3.6 Lixiviados
3.7 Las 5 reglas de oro para el manejo de agroquímicos
3.8 Sistema de economía circular
4. Referencias

Figura 23. Iconos de economía circular

Iconos de economía circular
Con el fin de facilitar la identificación de los beneficios del sistema de economía circular se implementaron los siguientes iconos



Figura 24. Diagrama del proceso de economía circular



De acuerdo con las especificaciones del sistema de economía circular, fue posible determinar los costos relacionados con la instalación y operación para la ejecución de la propuesta bajo un análisis de precios unitarios, como se presenta en la Tabla 13 a continuación:

Tabla 13. Costos de instalación sistema de economía circular

Costos de instalación sistema de economía circular				
Clase		Cantidad	Valor Unidad	Valor total
Infraestructura (mano de obra, material e instalación)	Invernadero (espacio de aprovechamiento)	12 m ²	\$18.000	\$216.000
	Piso en concreto (incluye canal de drenaje de lixiviados)	12 m ²	\$64.080	\$768.960
Acomodación en pilas	Pala	1	\$71.900	\$ 71.900
Transporte de lonas o costales de residuos frescos	Carretilla	1	\$ 217.000	\$217.000
Acondicionamiento o preparación de residuos	Triturador de residuos orgánicos	1	\$ 2.760.000	\$ 2.760.000

Aireación pasiva	Tubos PVC (4X1m) agujereados	8 (2 por pila)	\$15.900	\$ 127.500
Humedad	Baritanque (1.000 L)	1	\$471.900	\$ 471.900
	Motobomba (1 HP)	1	\$274. 900	\$ 274.900
	Manguera (100 m)	1	\$120.900	\$ 120.900
	Acoples de manguera	1	\$44.900	\$44.900
Temperatura	Termómetro digital con sonda	4 (1 por pila)	\$9.500	\$38.000
pH	Papel indicador de pH (opcional)	5 m		\$28.000
Lixiviados	Bidones (50 L)	2	\$ 45.000	\$90.000
	Tubo PVC (4X1m)	1	\$15.900	\$15.900
Preparación EM	Bidón	1	\$100.000	\$ 100.000
Total				\$5.571.880
Costos de operación mensual sistema de economía circular				
Clase		Cantidad	Valor Unidad	Valor
Dedicación	Tiempo	39,26 h	\$4.936	\$193.788
Manejo de residuos frescos	Lonas o costales	30/mes	\$1.450	\$43.500
Servicios públicos Chía (Comercial)	Energía (motobomba 1 HP → 0,746 kWh)	4 h/mes	1 kWh = \$ 781,4257	\$ 2.331
Preparación EM	Melaza	0,5 kg	1 kg = \$ 14.500	\$7.250
Captura EM	Arroz	1 libra	\$ 4.990	\$ 4.990
	Vasos desechables	6	\$1.000	\$6.000
	Tela	1 m	\$15,581	\$15.581
	Bandas de caucho	6		\$11.900
Total				\$285.340
Costos de operación anual del sistema de economía circular				
Clase		Cantidad	Valor Unidad	Valor
Dedicación	Tiempo	435,12 h	\$4.936	\$2.147.752
Manejo de residuos frescos	Lonas o costales	360/año	\$1.450	\$522.000
Servicios públicos Chía (Comercial)	Energía (motobomba 1 HP → 0,746 kWh)	48 h/año	1 kWh = \$ 781,4257	\$27.981

Preparación EM	Melaza	2 kg/año	1 kg = \$ 14.500	\$29.000
Captura EM	Arroz	4 libras	\$ 4.990	\$19.996
	Vasos desechables	24	\$1.000	\$24.000
	Tela	1 m	\$15,581	\$ 62.324
	Bandas de caucho	6		\$11.900
Total				\$2.871.953

* Nota: los costos están expresados en COP 4.114, 80 que equivale a 1 USD a octubre de 2023.

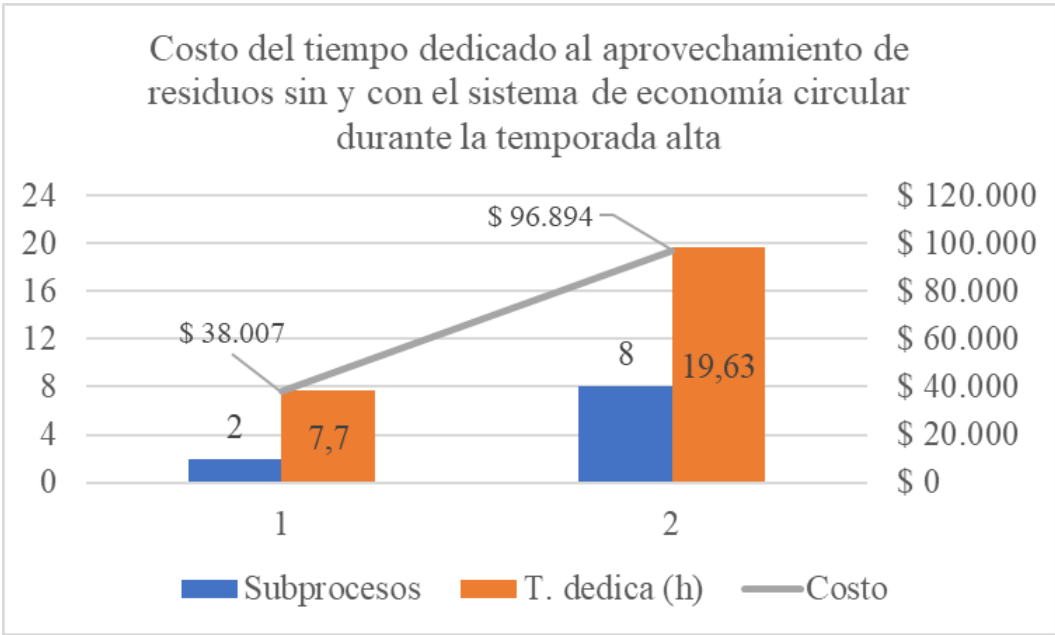
Es importante resaltar que la instalación del sistema de economía circular en la Empresa Flores Narváez podría generar ahorros significativos en los costos de instalación, ya que algunos de los materiales necesarios para este sistema ya se encuentran disponibles en la empresa, como lo son: la infraestructura del invernadero que cubre el espacio del aprovechamiento de residuos vegetales, un baritanque (1.000 L), una pala, una motobomba de 1HP, la manguera para riego y sus acoples, lo cual resulta en una reducción del costo total de la propuesta como se representa en la Tabla 13.

Tabla 14. *Costo total del sistema de economía circular*

Costo total del sistema de economía circular	\$8.443.833
Costo total del sistema de economía circular (con ahorros de instalación)	\$7.017.313

* Nota: El costo total del sistema de economía circular se asume como la inversión económica necesaria para implementarlo, considerando el costo de instalación para el primer año y el costo de operación anual para los años posteriores.

Figura 25. Costo del tiempo dedicado al aprovechamiento de residuos con el sistema de economía circular durante la temporada alta



Nota: sin (1) y con (2) sistema de economía circular en la empresa Flores Narváez.

De la Figura 24, se evidencia que el tiempo dedicado al aprovechamiento de residuos en la Empresa Flores Narváez incrementa. Esto debido a los subprocesos adicionales, como la captura y preparación de EM, el acondicionamiento de los residuos, el armado de pilas por fase y el seguimiento y control de los parámetros (temperatura, pH y humedad), necesarios para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema de economía circular y para obtener sus beneficios.

10. Conclusiones

Al concluir la investigación **“Diseño de un sistema de economía circular dirigido a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales generados en la empresa Flores Narváez del municipio de Chía, Cundinamarca”** se da lectura a las siguientes conclusiones:

El estancamiento del desarrollo de la floricultura a pequeña escala en el municipio de Chía está condicionado por la ausencia de las autoridades ambientales e instituciones de carácter ambiental encargadas de brindar acompañamiento a la actividad con la prestación de la asistencia técnica. Mientras esto no se presente, se continuará limitando el acceso equitativo a los servicios estatales y a los beneficios de los avances en ciencia y tecnología en materia ambiental a todos los productores rurales, lo que genera retrocesos en la adopción de medidas alineadas con la economía circular en pro de alcanzar una competitividad ambiental y rentabilidad de los procesos productivos.

En la empresa Flores Narváez no se está llevando a cabo un buen manejo de los residuos vegetales. Esto representa un problema, ya que el aprovechamiento ineficiente de estos residuos conlleva costos o pérdidas para la unidad productiva.

Este trabajo permitió conocer un sector importante y competitivo a nivel mundial como lo es la floricultura en Colombia. No obstante, se identificaron vacíos en el sector, específicamente hacía los pequeños productores. Escenario propicio para la intervención de un ingeniero ambiental en la dirección de procesos de gestión empresarial ambiental.

Al aplicar la metodología de evaluación multicriterio en esta investigación fue posible determinar que el compostaje convencional puede optimizarse con el empleo de Microorganismos Eficientes en el proceso. Esta alternativa garantiza el cumplimiento de diversos criterios de interés ambiental en la gestión de residuos, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la eliminación de olores desagradables y la prevención de la proliferación de vectores. Por ende, el sistema de economía circular dirigido a la optimización del aprovechamiento de residuos en la empresa está constituido por el control y seguimiento de los parámetros del proceso de compostaje, el acondicionamiento de las instalaciones y la aplicación de los microorganismos eficientes, que resulta en la obtención de un abono orgánico de calidad que aporta nutrientes al suelo y mejora la composición fisicoquímica y microbiológica del mismo, reduciendo el empleo de agroquímicos contaminantes y contribuyendo con la salud y seguridad laboral.

Existen diferentes alternativas de aprovechamiento de residuos vegetales. Sin embargo, no hay suficiente difusión de estas alternativas. Esto implica que las soluciones para el aprovechamiento de residuos vegetales no están siendo ampliamente conocidas ni utilizadas.

Este trabajo permitió optimizar el área destinada al aprovechamiento de los residuos, aprovechar ese espacio dentro del sistema productivo, lo que representa un paso hacia una economía circular.

La “Guía de optimización del compostaje con microorganismos eficientes” es el instrumento mediante el cual se establecen los lineamientos a seguir por parte de la empresa en la transición a un sistema de economía circular que propende por el aprovechamiento eficiente de los recursos, con la reincorporación de los subproductos generados en el proceso productivo, que resulta en la

disminución de los impactos ambientales en relación con la huella de carbono y huella gris asociadas a la actividad y en un incremento de la competitividad ambiental frente a los sistemas lineales de producción. Además, la implementación de un sistema de economía circular crea oportunidades de empleo y crecimiento económico, al tiempo que se garantiza el bienestar de los trabajadores y su participación activa en la economía del país.

Tras la estimación de los costos del compostaje convencional actualmente empleado para el aprovechamiento de los residuos vegetales en la empresa en contraste con los costos del sistema de economía circular propuesto, es posible afirmar que los tipos de sistemas de aprovechamiento de residuos deben ser tomados en cuenta de acuerdo con los beneficios ambientales que estos traen a nivel ambiental para el adecuado desarrollo de floricultura en el marco de la economía circular, puesto que el costo de las diferentes alternativas de gestión de residuos no garantiza su efectividad ni sostenibilidad.

11. Recomendaciones

Sector

Es importante que desde las entidades gubernamentales locales de manera constante, eficiente y actualiza se asista a los agricultores en tema de producción, pero también en las diferentes prácticas de manejo de cultivo y las innovaciones en la actividad económica, puesto que esto permite darles una perspectiva más amplia acerca de las necesidades del negocio, evitando gastos en insumos que no aportan lo que realmente se quiere, acrecentando el conocimiento con respecto a su propio recurso y con la finalidad de mejorar la calidad del mismo.

Academia

Se recomienda dar continuidad al estudio a través de su implementación, con el fin de convertir los hallazgos y conclusiones en acciones concretas y beneficios tangibles.

Al recolectar información primaria en campo se debe asegurar que los entrevistados se sientan cómodos y seguros al proporcionar información, puesto que, si los entrevistados se sienten invadidos o incómodos, es posible que no proporcionen información precisa o completa.

Empresa Flores Narváez

Es importante que se sustituya el empleo del fertilizante nitrogenado Urea para evitar la contaminación de las matrices ambientales involucradas en el proceso productivo, así como del material vegetal empleado para el compostaje.

Identificar por medio de un análisis microbiológico la naturaleza benéfica o de patogenicidad de los microorganismos eficientes a cosechar para su empleo en el proceso de fermentación de residuos orgánicos.

Se sugiere llevar a cabo un análisis químico del abono orgánico para evaluar su composición y tomar medidas correctivas para mejorar su calidad en caso de ser necesario.

Se recomienda llevar un registro continuo del comportamiento de la actividad para facilitar su seguimiento y la evaluación de su desempeño ambiental.

Es pertinente que la persona encargada cree un horario de trabajo que permita desarrollar la actividad adecuadamente ya que esto garantiza el éxito de la alternativa, buscando no comprometer los demás procesos en la empresa.

12. Referencias Bibliográficas

- Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195–204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Abuchaibe, M. (2020). *La floricultura colombiana: Cuestiones sin resolver en el marco del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/51634/Monograf%C3%ADa%20de%20grado%20-%20Abuchaibe%20Del%20Hierro.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Agencia de Residuos de Cataluña. (2016). Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje . Agencia de Residuos de Cataluña (ARC).
- Agroinsumos Fertisa. (2023). Urea – Fertilizante Nitrogenado. Obtenido de <https://fertisa.com/producto/urea-fertilizante-nitrogenado/#:~:text=La%20urea%20contiene%2046%25%20de,directa%2C%20uso%20foliar%20y%20fertilizante>
- Ávila, M. (2019). El amoníaco atmosférico, una amenaza que ya tiene rostro. Obtenido de <https://www.elindependiente.com/desarrollo-sostenible/2019/01/12/el-amoniaco-atmosferico-una-amenaza-que-ya-tiene-rostro/>
- Agrosavia (2021a). Equipo modular de lombricompostaje con residuos agrícolas. AGROSAVIA. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/l%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/hortalizas-y-plantas-arom%C3%A1ticas/maquinaria-equipos-instrumentos-y-herramientas/613-equipo-modular-de-lombricompostaje-con-residuos-agr%C3%ADcolas>
- Agrosavia. (2021b). Informe Anual 2021. (Nro. 32). Editorial Agrosavia
- Alkoai, F (2019) Integrating aeration and rotation processes to accelerate composting of agricultural residues. PLoS ONE 14(7): e0220343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220343>
- Asocolflores (2020a). Quiénes somos. Asocolflores. <https://asocolflores.org/es/quienes-somos/>
- Asocolflores, Ministerio del Medio Ambiente y Sociedad de Agricultores de Colombia. (2002). *Guía ambiental para la floricultura*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13087/60852_64442.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Manual Práctico de Uso de EM*.

Cadena, D. (2022). Incorporación de la economía circular en el sector floricultor de la sabana de Bogotá en Colombia: un estudio de caso en la empresa Flores de Colombia [Trabajo de grado, Universidad de La Sabana]. Intellectum. <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/51342/INCORP~1.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Camacho, A., Martínez, L., Ramírez, H., Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Scielo*.

Campitelli, P., & Ceppi, S. (2008). Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90(1), 64–71. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOLAB.2007.08.001>

CEDAIT. (2020). Aspectos sociales de la floricultura en Colombia. Sistema Experto de Información y Comunicación. <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/f7bf8dd0-7161-4ca3-b2b6-70780776f2d2/Boleti%CC%81n+flores+aspectos+sociales+de+la+floricultura+en+colombia.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nmvYyyv>

Ceniflores. (2021). Sector Floricultor. <https://ceniflores.org/sector-floricultor/>

Cerdà, E., Khalilova, A. (2016). Economía Circular, Estrategia y Competitividad Empresarial. *Economía industrial*, 401, 11–20.

Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. [Ley 99 de 1993]. DO: 41146.

Congreso de Colombia. (24 de enero de 1979) Por la cual se dictan medidas sanitarias. [Ley 9 de 1979]. DO: 35308.

Congreso de Colombia. (2 de agosto de 2000). “Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.” [Ley 607 de 200]. DO: 44.113.

Congreso de Colombia. (29 de diciembre de 2017). Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. [Ley 1876 de 2017]. DO: 50461.

- Constitución política de Colombia [C.P.]. (1991). (2^a ed).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- Contreras, Y. (2017). Estado de la vivienda y del espacio público en el municipio de Chía. Universidad Nacional de Colombia.
https://www.institutodeestudiosurbanos.info/images/Estado_de_la_vivienda_y_del_espacio_p%C3%BAblico_en_el_municipio_de_Ch%C3%ADa.pdf
- Colombia Potencia de Vida. (s.f.). *Equipo modular de lombricompostaje con residuos agrícolas*. Obtenido de Corporación colombiana de investigación agropecuaria AGROSAVIA: <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/l%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/hortalizas-y-plantas-arom%C3%A1ticas/maquinaria-equipos-instrumentos-y-herramientas/613-equipo-modular-de-lombricompostaje-con-residuos-agr%C3%ADcolas>
- Cristancho, A., Gonzales, A., Guzmán, C., Manrique, C., Nossa, J., Ramos, T., Casilimas, T., Chacón, V., Secretaria de Participación Ciudadana y Acción Comunitaria., Gerentes de Meta y de información. (2020). Diagnóstico Municipio de Chía. Alcaldía Municipal de Chía. [https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/PDM/Anexo%201.%20Diagnostico%20municipal%20\(2\).pdf](https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/PDM/Anexo%201.%20Diagnostico%20municipal%20(2).pdf)
- Cuevas, M. (2018). *Cinco Reglas de Oro para el Manejo Responsable de Productos para la Protección de Cultivos*. Obtenido de Sygenta: <https://docplayer.es/87409243-Cinco-reglas-de-oro-para-el-manejo-responsable-de-productos-para-la-proteccion-de-cultivos.html>
- DANE. (2015). Censo Nacional Agropecuario Sexta entrega de resultados 2014 – Cifras definitivas. <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf>
- De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M y Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora*. Naciones Unidas (CEPAL).
- Delgado, J. (2019). Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) . *Universidad Continental*.
- Equipo de Redactores Legis. (2022). Análisis de la exportación de flores en Colombia. *Legis*. <https://blog.legis.com.co/comercio-exterior/exportacion-de-flores-colombia>
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huellas de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

- EPA. (2023). Beneficios del manejo de desechos, actividades de planificación y mitigación para incidentes de seguridad nacional. EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/beneficios-del-manejo-de-desechos-actividades-de-planificacion-y-mitigacion-para-incidentes>
- Garzón, I., Cruz, E., Infante, A., & Cuervo, J. (2020). Efecto del compost de residuos de flores sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Acta Agronómica*, 71(2), 1-8.
- García, D. (2016). *Responsabilidad social ambiental en el sector floricultor colombiano* [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14564/GarciaRomeroDeicyMabel2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Gobierno de la República de Colombia. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Granada, L. (2009). *Gestión ambiental empresarial: Pasado, presente y futuro de las normas e instituciones ambientales en Colombia* [Instituto Politécnico Superior José Antonio Echeverría]. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/libreempresa/article/view/2927/2339>
- Guhl, E., & Leyva, P. (2015). La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014 : un esfuerzo insostenible? <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/11555.pdf>
- Herrera, K., Pérez, M. (2022). Vermicompostaje: un camino a la sustentabilidad [Trabajo de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP. <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/987/1010>
- Herrera, J., & Riffo. (2007). El compostaje y su utilización en agricultura. Fundación para la Innovación Agraria-Universidad de Las Américas. https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1907/1El_compostaje_y_su_utilizacion_en_agricultura.pdf%3Bjsessionid=DD1156F923688E76D5F2EA218DBB39E8?sequence=1
- Hussain, C. y Hait, S. (2022). *Advanced organic waste management sustainable practices and approaches*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/book/9780323857925/advanced-organic-waste-management?via=ihub=>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (12 de marzo de 2020). Resolución 063625 de marzo 12 de 2020. Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener el Registro del Lugar de Producción de flores o ramas cortadas de las especies ornamentales

con destino a la exportación y para el registro de Exportador e importador de flores o ramas cortadas de las especies ornamentales.
<https://www.ica.gov.co/getattachment/722f8749-4e87-412c-aabb-6015ac43e85f/2020R63625.aspx>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (05 de junio de 2020). Resolución 529 de junio 05 de 2020. Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia.
https://igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucion_529_de_2020.pdf

Land and Water Division. (2002). Los fertilizantes y su uso.

Lew, P. S., Nik Ibrahim, N. N. L., Kamarudin, S., Thamrin, N. M., & Misnan, M. F. (2021). Optimization of Bokashi-Composting Process Using Effective Microorganisms-1 in Smart Composting Bin. *Sensors* 2021, Vol. 21, Page 2847, 21(8), 2847.
<https://doi.org/10.3390/S21082847>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2021). Guía de compostaje municipal. Guatemala.

Marín, M., Rangel, J. (2000). Comercialización Internacional de Flores: Antecedentes y Evolución: 1990-1999 [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. <https://docplayer.es/68441350-Comercializacion-internacional-de-flores-antecedentes-y-evolucion-marta-jannie-marin-angel-julian-enrique-rangel-aceros.html>

Ministerio de agricultura y ganadería. (2011). Elaboración y uso de bocashi. San Salvador, El Salvador: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Minambiente. (2019). Colombia, segundo país con mayor diversidad de plantas del planeta. Minambiente. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4719-colombia-segundo-pais-con-mayor-diversidad-de-plantas-del-planeta#:~:text=Vivimos%20en%20uno%20de%20los,y%20la%20tercera%20en%20palmas>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Sector floricultor le apuesta a la economía circular. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/sector-floricultor-le-apuesta-a-la-economia-circular/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de abril de 2008) Por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones. [Decreto 1299 de 2008]. DO: 46968.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (20 de diciembre de 2013) Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. [Decreto 2891 de 2013]. DO: 49010.

- Montero, S. (2023). Pisos térmicos colombianos y sus cultivos. *Colombia Verde*. <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/pisos-termicos-colombianos-y-sus-cultivos/>
- Montoya, M. (2021). *Programa para el aprovechamiento de los residuos vegetales provenientes de la tala, poda y jardinería para la Corporación Monte & Ciudad* [Universidad Antonio Nariño]. http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5773/1/2021_MateoMontoya.pdf
- Naciones Unidas (2015). 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Ochoa, M. (2018). Gestión integral de residuos. Análisis normativo y herramientas para su implementación. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [FAO y MADS]. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2015). Norma Internacional ISO 14001: 2015. https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod_documentos/anexos/801/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf
- Ortega, C. (2016). *Responsabilidad social empresarial en el sector floricultor colombiano* [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7477/OrtegaNavasCarlosAlberto2016.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Ortega, C. (2023). *Investigación mixta. Qué es y tipos que existen*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20mixta%20es%20una,de%20estos%20m%C3%A9todos%20por%20separado>
- Piovano, M., Pisi, G. (2017). Cultivo de Alstroemerias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 2–3. <https://www.scribd.com/document/425986200/Inta-Cartilla-Alstroemerias-2017>
- Pottipati, S., Chakma, R., Haq, I., & Kalamdhad, A. S. (2022). Composting and vermicomposting: Process optimization for the management of organic waste. *Advanced Organic Waste Management: Sustainable Practices and Approaches*, 33–43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00015-0>

Presidente de la República de Colombia. (18 de diciembre de 1974) Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. [Decreto 2811 de 1974]. DO: 34243.

Presidente de la República de Colombia. (30 de diciembre de 2005). Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. [Decreto 4741 de 2005]. <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/4741%20-%202005.pdf>

Presidente de la República. (06 de agosto de 2002). El Decreto establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios. [Decreto 1713 DE 2002]. DO: 44.893 de 7 de agosto de 2002.

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. FAO. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Rueda, I., Gómez, A., García, J., & López, G. (2020). EFECTOS DE CONTAMINANTES EN SUELO POR UN VERTEDERO A CIELO ABIERTO EN TABASCO. *JEEOS*, volumen (4), 1-18.

Sabana Centro Cómo Vamos. (2021). Informe de calidad de vida 2021. Universidad de la Sabana. Casa Editorial El Tiempo.

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta). MCGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas, P., MacEwen, M., Tikanen, J. (2020). La economía circular en América Latina y el Caribe - Oportunidades para fomentar la resiliencia. https://www.catedrarses.com.do/Portals/0/OpenContent/Files/468/La_economia_circular_en_America_Latina_y_el_Caribe_compressed-2.pdf

Secretaría de Hacienda. (2021). *Un municipio incluyente que integre a la comunidad a través de la educación como base para la participación, la cultura ciudadana, el sentido de pertenencia y el arraigo por el territorio 2021 - 2030*. [https://chia-cundinamarca.gov.co/hacienda/25175_Chia_Cundinamarca_MFMP_2021%20\(1\).pdf](https://chia-cundinamarca.gov.co/hacienda/25175_Chia_Cundinamarca_MFMP_2021%20(1).pdf)

Secretaría de Planeación. (2020a). *Plan de ordenamiento territorial - Documento de diagnóstico (Dimensión Económica)* (Vol. 1, pp. 1-46). <https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/POT/2.%20DIMENSI%C3%93N%20ECON%C3%93MICA.pdf>

Secretaría de Planeación. (2020b). *Plan de ordenamiento territorial - Documento de*

diagnóstico (Dimensión Sociocultural). 1, 1–119. <https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/POT/3.%20DIMENSI%C3%93N%20SOCIOCULTURAL.pdf>

Secretaría de Planeación. (2021). *Plan de ordenamiento territorial - Resumen documento de diagnóstico (Dimensión ambiental)* (Vol. 1, pp. 1–24). <https://pot.chia-cundinamarca.gov.co/laboratorios/ambiente/s1RESUMEN%20DOCUMENTO%20DE%20DX%20DIMENSI%C3%93N%20AMBIENTAL.pdf>

Solano, A (2023). Asocolflores: Medio siglo acumulando cosas que mostrar. SAC. <https://sac.org.co/asocolflores-medio-siglo-acumulando-cosas-que-mostrar/>

Tanya, M., Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. Recuperado en 10 de abril de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.

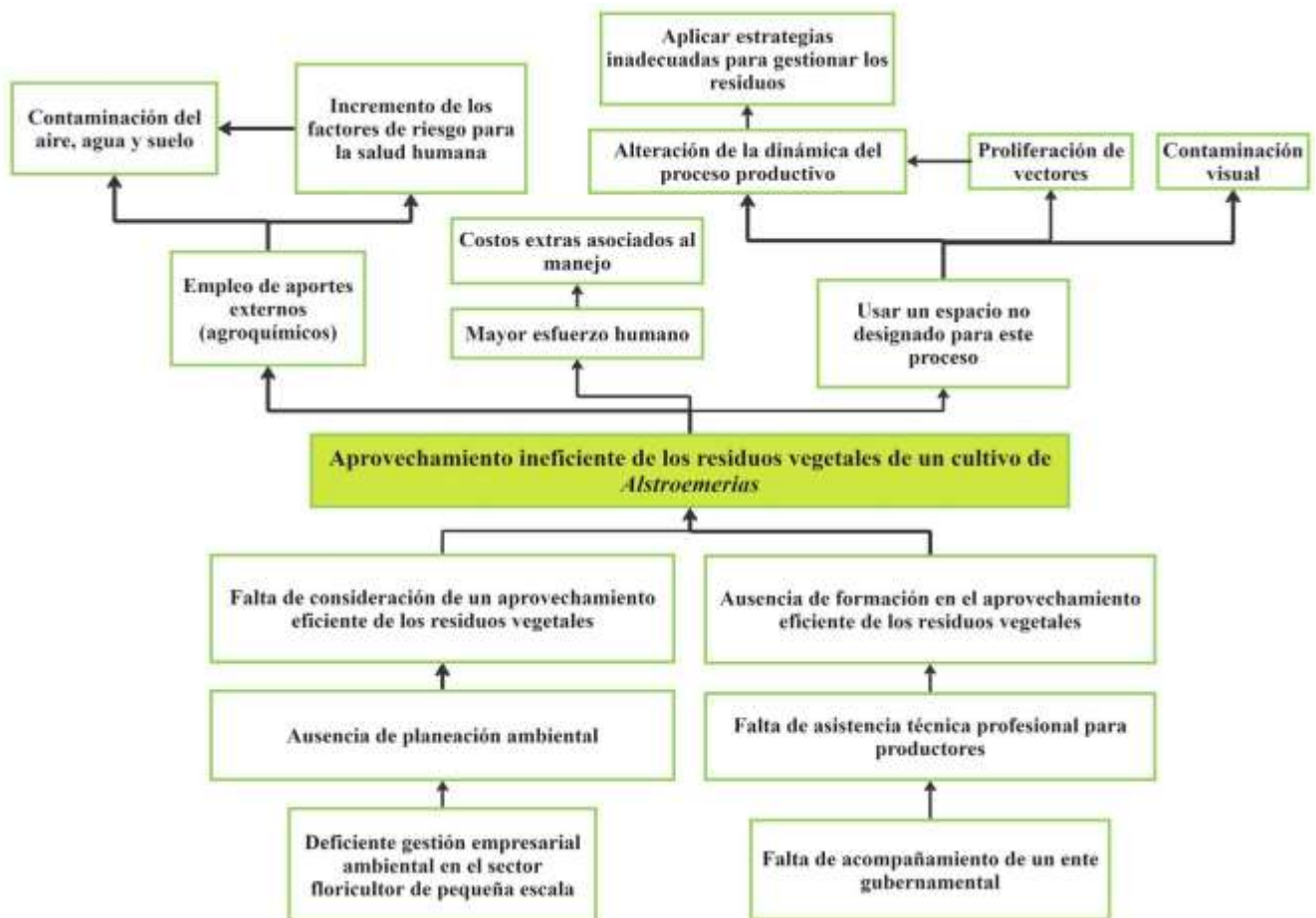
Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Vega, C. (2017). PROBLEMAS AMBIENTALES Y DE SALUD DERIVADOS DEL USO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS [Trabajo de grado, Universidad Complutense]. Biblioteca Complutense. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/CRISTINA%20VEGA%20OLIVA.pdf>

13. Anexos

Este apartado reúne el material que se utilizó para el desarrollo de la investigación como:

13.1. Anexo. Árbol de problemas



Rubros	Desembolso nuevo		Total desembolso nuevo	Desembolso en especie		Total desembolso en especie	Total proyecto
	Año 2021	Año 2022		Año 2022	Año 2023		
1. Personal				0	18.045.440	18.045.440	18.045.440
2. Equipos especializados	0	0	0	0	0	0	0
2.1. Equipos propios				2.570.423	0	2.570.423	2.570.423
3. Materiales y reactivos	0	0	0	0	0	0	0
4. Salidas de campo	120.000	0	120.000	0	0	0	120.000
5. Refrigerios	160.000	0	160.000	0	0	0	160.000
6. Servicios técnicos	0	0	0	0	0	0	0
7. Capacitaciones	0	0	0	0	0	0	0
8. Adquisición o actualización de software	0	0	0	0	0	0	0
9. Evaluación	0		0	0	0	0	0
10. Otros	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	280.000	0	280.000	2.570.423	0	20.615.863	20.895.863

[illegible]

13.4 Anexo. Entrevista semiestructurada



FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Ingeniería Ambiental

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA
Entrevista para la empresa Flores Narváez

La siguiente entrevista hace parte de un trabajo de investigación del programa de ingeniería ambiental denominado *Diseño de un sistema de economía circular dirigido a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales provenientes de la empresa Flores Narváez del municipio de Chía, Cundinamarca*. Este instrumento permitirá desarrollar un diagnóstico de la problemática presente en la empresa Flores Narvaez abordada desde las dimensiones ecológica, económica y social; el aprovechamiento ineficiente de los residuos vegetales en un cultivo de flores resultante de una inadecuada gestión ambiental empresarial, a partir de la recolección de información de fuentes primarias.

**Uso de la información y exoneración de responsabilidad: La información suministrada será empleada solamente para fines académicos y manejada con estricta confidencialidad, por lo tanto no constituye conceptos profesionales frente a los puntos de la entrevista ni comprometen posiciones institucionales.*

Lugar: Vereda Fagua, municipio de Chía (Cundinamarca).

Propósito de la investigación

Caracterizar la situación actual frente a la generación de residuos vegetales de la empresa floricultora a partir del trabajo en campo.

Fecha: 17 /08/2023 Hora 16:00:00

Datos del entrevistado			Nombre: Hector Hugo Narváez Rivera
			Cargo: Presidente de la empresa Flores Narváez
			Dependencia:
Dimensión	Variable	No	Preguntas
Ecológica	Residuos vegetales	1	¿Cuál y cómo es el manejo dado a los residuos vegetales?

		2	¿En cuanto tiempo se degrada el material vegetal?
		3	¿Cuánto tiempo toma la ejecución del manejo de residuos vegetales?
		4	¿Qué insumos requiere para el manejo?
		5	¿En qué lugar dispone los residuos vegetales?
		6	¿Cuál es el volumen de residuos vegetales generados en la temporada máxima y al año?
		7	¿Cuál es el peso de residuos vegetales generados al mes?
	Control de plagas y enfermedades	8	¿Cuál es el tipo de control de plagas y enfermedades?
		9	¿Qué tipo de insumos requiere para el control de plagas y enfermedades?
		10	¿Cada cuánto aplica el control de plagas y enfermedades?
Dimensión	Variable	No	Preguntas
Social	Educación ambiental	1	¿De qué forma ha adquirido sus conocimientos del manejo y aprovechamiento de residuos?
	Asistencia técnica	2	¿Con qué frecuencia recibe visitas de profesionales en el campo en que realiza su actividad?
		3	¿Qué instituciones les han realizado capacitaciones en torno al manejo y aprovechamiento de residuos vegetales?
Dimensión	Variable	No	Preguntas
Económico	Costo	1	¿Qué costo tiene realizar el manejo de los residuos vegetales?
		2	¿Qué insumos requiere para el aprovechamiento?