

PROYECTO DE INTEGRACIÓN INFORME FINAL

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO, MANEJO Y
REINCORPORACIÓN DE LOS RESIDUOS VEGETALES AL PROCESO
PRODUCTIVO EN LOS CULTIVOS DE FLORES EN EL MUNICIPIO EL
ROSAL, CUNDINAMARCA.**

AUTORES

JENNY MARCELA CAICEDO GONZALEZ

PEDRO ANDRES JIMENEZ HUGUET

ANGIE MARIBEL LEON ROMERO

UNIVERSIDAD EAN

PROYECTO DE INTEGRACIÓN - GRUPO 3

JULIAN DANIEL TORRES VANEGAS

BOGOTÁ D.C, 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen ejecutivo.....	6
2. Introducción.....	8
3. Objetivos.....	11
3.1. Objetivo General.....	11
3.2. Objetivos Específicos.....	11
4. Definición del problema.....	12
5. Justificación.....	14
6. Análisis de requerimientos funcionales.....	17
6.1. Recolección de los residuos vegetales y su clasificación.....	17
6.2. Recepción y descarga de los residuos.....	17
6.3. Preparación de los residuos.....	17
6.4. Proceso de compostaje.....	18
6.5. Intención del Producto.....	18
6.6. Seguridad y Sostenibilidad.....	19
6.7. Capacitación del Personal.....	19
6.8. Alcance.....	19
7. Marco de referencia.....	21
7.1. Marco teórico.....	21
7.1.1 La materia orgánica del suelo.....	21
7.1.2 Residuos vegetales.....	21
7.1.2.1 Impactos ambientales y económicos de los residuos vegetales.....	22
7.1.3 Técnicas para el manejo de residuos en el sector floricultor.....	22

7.1.3.1 Vericompostaje.	22
7.1.3.2 Biodigestión.	23
7.1.3.3. Pirolisis.	23
7.1.3.4 Gasificación por plasma.....	23
7.1.3.5 Biotecnología	23
7.1.3.6 Compostaje	23
7.1.3.6.1 Fases del proceso de compostaje.....	24
7.1.3.6.2 Ventajas del compost en el suelo.	26
7.1.3.6.3 Variables en el proceso del compostaje	27
7.1.4 Los EMs.....	28
7.1.4.1 Características de los EMs.	29
7.1.4.2 Composición de los EMs	29
7.1.5 Economía circular.....	30
7.1.6 Sostenibilidad	31
7.2. Marco antecedentes	32
7.3. Marco normativo	38
8. Análisis de restricciones	42
8.1. Restricciones ambientales.....	42
8.1.1. Gases producidos por el efecto invernadero:.....	42
8.1.2. contaminación dirigida al suelo y agua:	42
8.1.3. Olores y proliferaciones:.....	42
8.1.4. Viabilidad del reciclaje de residuos vegetales (compostaje)	43
8.2. Restricciones económicas.....	44

8.2.1.	Acceso al Financiamiento para PYMEs	45
8.2.2.	Estructura de Financiamiento y Restricciones de Inversión.....	45
8.2.3.	Políticas de Apoyo	46
8.2.4.	Barreras Arancelarias.....	47
8.2.5.	Impacto del Contexto Macroeconómico y Político	48
8.2.6.	Recomendaciones las Restricciones Financieras.....	48
8.3.	Restricciones legales.....	49
8.3.1.	Normativas Ambientales	50
8.3.2.	Uso del Suelo y Ordenamiento Territorial.....	50
8.3.3.	Normas ISO	51
8.3.4.	Recomendaciones	52
8.4.	Restricciones en salud y seguridad.....	52
8.5.	Restricciones socioculturales.....	53
8.6.	Restricciones técnicas.....	54
8.6.1.	Tiempo de Procesamiento.....	54
8.6.2.	Temperatura y Humedad	55
9.	Metodología	56
9.1.	Vermicompostaje:.....	56
9.1.1.	Propiedades físicas:	56
9.1.2.	Propiedades químicas:	56
9.1.3.	Propiedades biológicas:	56
9.1.4.	Restricciones Biológicas:.....	57
9.1.5.	Restricciones de los residuos vegetales:	57
9.1.6.	Restricciones Legales y sanitarias:	57

9.1.7.	Restricciones Técnicas:	58
9.1.8.	Restricciones Económicas:	58
9.1.9.	Restricción de capacitación y conocimientos especializados:	58
9.2.	Biotecnología:	58
9.2.1.	Restricciones técnicas:	60
9.2.2.	Restricciones legales:	60
9.2.3.	Restricciones ambientales:	60
9.2.4.	Restricciones económicas:	60
9.3.	Compostaje:	60
10.	Análisis de resultados	63
11.	Análisis de costo	68
12.	Conclusiones	71
13.	Referencias	73
14.	Anexos	86
	Anexo 1	86

1. Resumen ejecutivo

La floricultura en Colombia es una actividad económica clave, pero genera grandes cantidades de residuos vegetales propios de la actividad, cuyo manejo ineficiente causa contaminación del agua, aire y suelo, afectando la biodiversidad y la salud humana. La quema y el vertido de estos desechos contribuyen al cambio climático.

Para abordar esta problemática, se propone implementar un modelo de economía circular en el sector floricultor del municipio El Rosal, Cundinamarca. Este modelo busca reincorporar los residuos al proceso productivo mediante prácticas sostenibles como el compostaje y el uso de microorganismos eficientes (EMs), reduciendo el impacto ambiental y generando beneficios económicos y sociales.

La investigación plantea como pregunta central: **¿Cómo se puede implementar un modelo de economía circular para el manejo eficiente de residuos orgánicos en la floricultura de El Rosal?**

Justifica la necesidad de adoptar este enfoque debido a la crisis ambiental global y la ineficiencia del modelo lineal de producción. La economía circular permite reducir costos, optimizar recursos y alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De esta manera la aplicación de procesos amigables con el medio ambiente conlleva al aprovechamiento de residuos de la zona (materia prima) para la generación de un producto a través del compostaje.

Los objetivos incluyen identificar los residuos generados, evaluar técnicas actuales de manejo, proponer estrategias sostenibles de reincorporación y analizar sus beneficios ambientales, sociales y económicos.

Este proyecto representa una alternativa viable para la sostenibilidad del sector floricultor, asegurando un equilibrio entre producción, conservación ambiental y desarrollo económico.

Palabras claves: Compostaje, abono orgánico, residuos vegetales, El rosal, microorganismos eficientes (Ems), objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), economía circular, contaminación ambiental.

2. Introducción

La industria de flores a nivel mundial ha presentado un crecimiento significativo y se espera que esta tendencia continúe. En los últimos cinco años, de acuerdo con la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores, 2020) se ha manifestado un incremento del 24% en las exportaciones.

Por su parte, la floricultura colombiana, con más de 50 años de operación, ha logrado consolidarse como el segundo exportador de flores de corte después de Holanda, siendo Estados Unidos su principal destino, ocupando un 78% de las exportaciones colombianas (Asocolflores, 2020). Esto le ha permitido al sector floricultor ser el protagonista del desarrollo rural del país, gracias a su nivel de exportación e impacto social (Cadena forero, 2022).

Colombia, principalmente los departamentos de Antioquia y Cundinamarca representan el 98% de la siembra y producción floricultora (Cardeba Rodríguez, 2011), por ende, la gestión ineficiente de los residuos vegetales trae consigo múltiples consecuencias negativas que afectan los recursos naturales y la calidad de vida de las comunidades locales.

Se debe señalar que la manipulación y manejo inadecuado de estos tipos de residuos contribuye a la contaminación de suelos, agua y aire, afectando los ecosistemas, los paisajes del municipio, la salud de los habitantes de la zona, ya que los desechos acumulados sin ningún tipo de tratamiento pueden desencadenar enfermedades y plagas, perjudicando también la productividad de los cultivos y las emisiones de gases efecto invernadero por la descomposición no controlada. Por esta razón es importante la implementación de estrategias que permitan el aprovechamiento y la reincorporación de estos desechos en los procesos productivos. (Marín, 2020).

Ante esta situación surge la necesidad urgente de implementar modelos de gestión sostenibles, siendo la economía circular una alternativa eficaz, ya que transforma el sistema lineal de producción en un ciclo cerrado donde los residuos se convierten en materia prima. Las bondades de la economía circular es transformar estos residuos vegetales en un compost orgánico reduciendo la dependencia de insumos químicos y minimizando el impacto ambiental de la actividad floricultora. Además estas prácticas contribuyen al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a las metas establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible contempladas en la NDC que es “la hoja de ruta a través de la cual el Gobierno Nacional, los sectores y la sociedad en general transitan hacia medidas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático, y acciones para alcanzar metas climáticas de reducción de emisiones a corto, mediano y largo plazo, como la disminución del 51 % de Gases de Efecto Invernadero al 2030 y lograr la carbono neutralidad al 2050.” (Comisión intersectorial del cambio climático, 2022).

La puesta en marcha de estas estrategias no solo reducirían el impacto ambiental producto de la actividad floricultora, sino que también aportarían beneficios económicos a los productores al disminuir costos de insumos agrícolas y mejorar la calidad del suelo, (Gutierrez,2005) alineándose con las tendencias globales hacia una producción más responsable y sostenible.

En este contexto, el presente proyecto busca implementar estrategias innovadoras para aprovechamiento, manejo y reincorporación de los residuos orgánicos en los cultivos de flores, promoviendo un modelo de economía circular. Mediante prácticas sostenibles y viables como el compostaje y el uso de microorganismos eficientes Ems (bacterias ácido lácticas; bacterias fototrópicas; hongos; levaduras) que aceleran los procesos de degradación,

ayudan en la solubilización de nutriente mejorando la absorción de los mismos, eliminan o controlan la población de microorganismos patógenos (Llerena Aguilar, 2015).

Por ultimo y de acuerdo con la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) presentada en agosto de 2019, es necesario adaptarse a un cambio frente a nuevos modelos de negocios y transformación productiva (Cadena Forero, 2021). En consecuencia, los planes de gestión de manejo de residuos vegetales es una excelente alternativa para incentivar el cuidado y conservación de los recursos ambientales, así como el auto cuidado del personal vinculado a esta labor y a la población en general.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Proponer una estrategia para el aprovechamiento, manejo y reincorporación de los residuos vegetales generados en los cultivos de flores en el municipio de El Rosal, Cundinamarca, con el fin de reducir sus impactos ambientales y sociales, promoviendo la economía circular.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de residuos orgánicos generados en los cultivos de flores y su impacto ambiental.
- Evaluar las técnicas actuales de manejo de residuos en el sector floricultor mediante una revisión de literatura actualizada, identificando sus beneficios y limitaciones.
- Explicar la estrategia de reincorporación de residuos orgánicos vegetales enriquecida con microorganismos eficientes y sus beneficios para minimizar los impactos negativos al medio ambiente.
- Analizar los beneficios ambientales, sociales y económicos de la implementación de dichas estrategias en alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

4. Definición del problema

La floricultura es una de las actividades agrícolas más relevantes en el municipio El Rosal, Cundinamarca, pero es importante destacar también que los cultivos de flora generan grandes volúmenes de residuos vegetales como tallos, hojas, flores descartadas y material de poda que no reciben un tratamiento adecuado.

La gestión ineficiente de los residuos vegetales en la floricultura genera múltiples consecuencias negativas que impactan los recursos naturales y la calidad de vida de la comunidad local. Sin una estrategia clara, sostenible y oportuna para su manejo, estos residuos se convierten en una amenaza ambiental, social y económica. El manejo inadecuado de los residuos generados por la floricultura contribuye significativamente a la contaminación ambiental. Entre sus principales efectos se encuentran la contaminación de aguas superficiales y subterráneas debido al vertimiento de lixiviados y sustancias peligrosas, como pesticidas y otros compuestos químicos, que afectan ríos, quebradas y lagos. (Santos Ríos. 2021).

Esta contaminación de los suelos por la acumulación de estos residuos en lugares inadecuados generando lixiviados que se filtran las capas internas del suelo; la contaminación del aire por la presencia de malos olores y la generación de gases y partículas producto de las quemas; ahora bien, en cuanto a la parte social esto genera problemas de salud como enfermedades infectocontagiosas en los trabajadores y en la población en general al estar expuestos a agentes patógenos y sustancias tóxicas.

Además, se debe enfatizar que la acumulación de desechos genera alteraciones en los ecosistemas, afectando la biodiversidad. Factores como la quema y el vertido indiscriminado

de residuos pueden liberar sustancias tóxicas que comprometen la calidad del aire y contribuyen al cambio climático mediante la emisión de gases de efecto invernadero, exacerbando problemáticas ambientales globales. (Marín, I. G. 2020).

El Rosal es un municipio que forma parte de la provincia Cundinamarquesa Sabana de Occidente, Localizado al Noroccidente de la Sabana de Bogotá, con territorio sobre la Autopista Bogotá – Medellín, en el Valle del Río Subachoque y aproximadamente a 20 kilómetros de Bogotá D.C. Según el perfil del municipio descrito en el documento del SIGAM 2011, el paisaje del municipio está formado por un conjunto de tipos de relieve con características geomorfológicas definidas planicies, hondonadas, piedemonte y laderas. Estos suelos son la base de la economía del municipio cuya vocación es agroindustrial. (Alcaldía EL Rosal, 2018)

Los cultivos de flores en el municipio El Rosal han experimentado un notable crecimiento posesionando este renglón en la economía del municipio, sin embargo, esta actividad enfrenta desafíos importantes en términos de sostenibilidad ambiental particularmente con el manejo de los residuos vegetales.

Con base en todo lo anterior una ineficiente gestión de los residuos en la floricultura representa un desaprovechamiento de recursos que conlleva a la dependencia permanente de fertilizantes químicos que incrementan los costos de producción y tienen graves impactos ambientales negativos. Situación que también afecta la competitividad del sector floricultor local en mercados internacionales, donde existe una creciente demanda por productos cultivados bajo estándares orgánicos.

5. Justificación

Los desechos en general son los grandes protagonistas en la problemática ambiental que está viviendo el planeta, la crisis climática, la pérdida de la biodiversidad, el agotamiento de materias primas y el aumento de la contaminación son resultado en gran medida por del mal manejo de los residuos.

En aras a lo anterior, la implementación de un modelo de Economía Circular de los residuos orgánicos de carácter vegetal en los cultivos de flores del sector el Rosal mitigara, en gran medida el impacto ambiental, social y económico generado por la contaminación de suelo, aire, agua, al igual que la alteración de los ecosistemas del lugar y la calidad de vida de la población.

La Economía circular pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento o lo que es lo mismo residuos cero (Alcubilla, 2015).

De acuerdo con Soria et al. (2023) solamente estableciendo modelos económicos que reviertan este proceso se podrá establecer un equilibrio entre los recursos existentes, su uso y su destino a lo largo de su vida útil.

Por todo lo anterior, implementar el modelo de Economía Circular al manejo en la zona, es una estrategia factible e indispensable para atender las problemáticas que se desprende de esto. Al considerar que aproximadamente el 93% de los residuos generados de la actividad floricultora corresponden a residuos vegetales (Narváez Rivera y Robayo Martínez, 2023). En la actualidad el sector floricultor se consolida como uno de los renglones económicos más

importantes de la economía del municipio El Rosal, así lo establece las proyecciones del Dane para el 2023 con base en el censo 2018, donde se contaba con una población de 25.330 (Telefónicas, 2023) y en el cual se determinó la importancia de este renglón por la generación de empleo y desarrollo rural.

Así las cosas, tal como lo señala Frérot (2014), “la reutilización de los residuos que son utilizados en el proceso de producción, para obtener subproductos que puedan reincorporarse al proceso productivo genera reducción de costos, mejora la eficiencia y sostenibilidad de las actividades operacionales”. Esta alternativa muestra el camino hacia soluciones sostenibles a corto, mediano y largo plazo, por ser un modelo más amigable con el medio ambiente, pero al mismo tiempo genera beneficios económicos al productor, y sociales a la población.

Dentro de este orden de ideas, el presente proyecto de integración se ocupara de la adopción del modelo de Economía Circular como alternativa innovadora y eficiente dirigidas a la optimización del aprovechamiento de residuos vegetales, con la producción de un compost solido de calidad a partir de los desechos vegetales generados de la floricultura local ofreciéndole a las plantas un alimento nutritivo, libre de químicos dañinos y 100% natural además, enriquecido con microorganismos eficientes (Ems).

Este compost contara con la capacidad de retornar y mantener en el suelo parte de los nutrientes que han sido extraídos por la actividad de la flora permitiendo mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los cultivos; convirtiéndose en una herramienta útil, necesaria y a la mano de los productores, para combatir el flagelo de la contaminación ambiental, la pérdida de la biodiversidad por quemas, la propagación de plagas y enfermedades al igual que el impacto negativo por la imagen y belleza de sus paisajes producto del mal manejo de los residuos vegetales.

Otro aspecto para considerar de gran importancia y que lo justifica es la conexión del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), también conocidos como Objetivos Globales que fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015, y que responden al objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el ODS 12 (Producción y consumos sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima).

6. Análisis de requerimientos funcionales

6.1. Recolección de los residuos vegetales y su clasificación.

- 6.1.1 **Recolección:** Implementar un sistema de recolección eficiente de residuos vegetales en las diferentes etapas de producción: cultivo, poda, cosecha, empaque de flores.
- 6.1.2 **Clasificación:** Establecer un sistema de clasificación que permita separar los residuos vegetales de otros tipos de desechos como plástico, latas, vidrio, pilas, papel y en fin todos los materiales de desecho cuyo origen no es biológico.

6.2. Recepción y descarga de los residuos.

El sistema debe permitir recepcionar el material, cumpliendo las horas señaladas y supervisando que el material este limpio, para evitar la presencia de agentes patógenos. Posteriormente descargar el material en lugar estipulado como centro de acopio, que debe estar techado.

6.3. Preparación de los residuos.

- 6.3.1 Diseñar un proceso de preparación de los residuos para dar inicio al compostaje, incluyendo la eliminación de objetos como piedras, ladrillos entre otros.
- 6.3.2 Picar o triturar los residuos vegetales. Ósea el sistema debe reducir el tamaño de los residuos vegetales a partículas más pequeñas para optimizar el compostaje.
- 6.3.3 El sistema debe combinar mediante una mezcla homogénea los materiales vegetales para lograr una relación C/N perfecta, para iniciar el compostaje.

6.4. Proceso de compostaje.

- 6.4.1 El sistema debe establecer pilas estáticas del material vegetal.
- 6.4.2 El sistema debe garantizar niveles de oxigenación adecuados mediante volteos programados.
- 6.4.3 El sistema debe permitir monitorear factores como humedad, temperatura, aireación con los rangos definidos en cada fase del compostaje, para garantizar la degradación de residuos y la actividad de los EMs de manera continua.
- 6.4.4 El sistema debe incorporar microorganismos eficientes (EMs) en momentos específicos del proceso de compostaje, garantizando:
- Aplicación en dosis adecuada.
 - Condiciones óptimas de temperatura para su activación
 - Distribución homogénea del material orgánico.

6.5. Intención del Producto

El sistema debe brindar los siguientes beneficios:

6.5.1 Beneficios Agronómicos:

- Mejora de la estructura física del suelo de los cultivos.
- Incremento de la capacidad de retención de agua.
- Aumento de la biodiversidad microbiana del suelo.
- Liberación gradual de nutrientes.

6.5.2 Beneficios Económicos:

- Reducción de costos por disminución en la compra de fertilizantes químicos
- Valorización de residuos previamente desechados.
- Disminución de gastos asociados a manejo de residuos

- Mejora en la productividad y calidad de las flores

6.5.3 Beneficios Ambientales:

- Reducción de la contaminación por residuos vegetales.
- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mitigación de riesgos de incendios y proliferación de plagas.
- Conservación de la biodiversidad local.
- Mejora visual del paisaje y entorno productivo

6.5.4 Beneficios Sociales

- Generación de empleo local para realizar el proceso de compostaje
- Mejora de la calidad de vida de trabajadores y habitantes
- Robustecimiento de la imagen del sector floricultor.

6.6. Seguridad y Sostenibilidad

- 6.6.1 El sistema debe garantizar la seguridad de los trabajadores durante el proceso de compostaje.
- 6.6.2 El sistema debe minimizar el impacto ambiental durante la producción del compostaje (emisiones, lixiviados).
- 6.6.3 El sistema debe promover la economía circular mediante la reutilización de los residuos vegetales.

6.7. Capacitación del Personal.

El sistema deberá incluir un componente de capacitación técnica y ambiental para el personal encargado del manejo de los residuos vegetales, asegurando la buena practica

6.8. Alcance

- El sistema permitirá la transformación de desechos florícolas enriquecidos, en un compost de alta calidad.

7. Marco de referencia

7.1. Marco teórico

Respecto al marco teórico y con el fin de lograr un proyecto de investigación asertivo, atractivo y viable se tuvo en cuenta conceptos claves como residuos vegetales, materia orgánica y teorías que van desde lo general como Economía Circular y la sostenibilidad a lo particular como el manejo y aprovechamiento eficiente de los residuos orgánicos y el compostaje enriquecido; para obtener beneficios ambientales, sociales y económicos.

7.1.1 La materia orgánica del suelo

Es un componente indispensable para la salud y la fertilidad del suelo, el contenido de este depende de la cantidad y velocidad de descomposición de los residuos orgánicos presentes en el suelo. Es por ello que la materia orgánica al ser incorporada al suelo a través del compost presenta efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, entre los cuales se encuentran mayor retención de humedad, permeabilidad, protección contra procesos de erosión, disminución de la densidad aparente, estimulación de actividad microbiana, disponibilidad de elementos minerales para las plantas, mejoramiento de la fertilidad, productividad y calidad del suelo, además proporcionan una fuente de energía y nutrientes que favorecen la colonización microbiana (Garzón Marín, 2020).

7.1.2 Residuos vegetales

Los residuos vegetales son aquellos desechos de origen orgánico que provienen de plantas. Estos pueden ser restos de poda, tallo, hojas de las plantas florares, flores marchitas, raíces o cualquier otro material vegetal que se descarte en el proceso de la actividad floricultora.

Realmente la importancia de los residuos vegetales radica en su capacidad para convertirse en una fuente valiosa de nutrientes y materia orgánica para el suelo, estos al

descomponerse naturalmente liberan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio necesarios para la nutrición de las plantas.

En el 2022, señaló el exministro de Ambiente, Carlos Eduardo Correa algo muy interesante y es que “Hoy no se habla de basura, sino de residuos; residuos que pueden ser insumo o materia prima para productos. De esta manera, promovemos la circularidad, nuevas oportunidades de negocios, dándole una segunda vida a productos como el plástico, el cartón, los mismos residuos orgánicos que se transforman en fertilizantes para suelos degradado”

7.1.2.1 Impactos ambientales y económicos de los residuos vegetales

Los residuos vegetales ofrecen una amenaza, pero al mismo tiempo una oportunidad dependiendo del manejo que se les dé. La amenaza que representa incluye la eutrofización de aguas si estos o sus lixiviados son dispuestos en los cuerpos de agua; emisiones de Co₂ y de gases de invernadero si estos son quemados, riesgos graves en la cadena trófica por los plaguicidas y fertilizantes. Por el contrario, un manejo efectivo de estos, permitiría mitigar la contaminación, reducir el consumo de materias primas, incorporar residuos aprovechables en el proceso productivo y cumplir las normas legales ambientales vigentes, garantizando la eficiencia y competitividad del sector floricultor (Gómez Moreno et al., 2022)

7.1.3 Técnicas para el manejo de residuos en el sector floricultor.

7.1.3.1 Vericompostaje.

El humus de lombriz es un producto bio-orgánico obtenido a través del proceso de vermicompostaje, en el cual las lombrices de tierra, en simbiosis con microorganismos, transforman la materia orgánica en un material estable, rico en nutrientes y con propiedades que mejoran la calidad del suelo (Mendoza Intriago et al., 2024).

7.1.3.2 Biodigestión.

Es una alternativa de uso para el manejo de residuos orgánicos vegetales para la generación de biogás. En consecuencia, el resultado de la descomposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos produce la generación de biogás, una mezcla de gases compuesta principalmente por algunos GEI como metano y CO. (Carvajal Pinilla et al., 2023).

7.1.3.3. Pirolisis.

La pirólisis es un proceso térmico que descompone residuos orgánicos en un ambiente sin oxígeno, transformándolos en productos útiles como biocarbón, gases combustibles y líquidos. Durante la pirólisis, la materia orgánica se calienta a altas temperaturas, lo que provoca su descomposición (Universidad Internacional de Andalucía, 2025).

7.1.3.4 Gasificación por plasma

Esta técnica se basa en convertir los residuos orgánicos en gas sintético, electricidad y esto se da mediante el uso del plasma, con ayuda de altas temperaturas los residuos se transforman del estado sólido al estado gaseoso. Su implementación reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (Muñoz Rodríguez et al., 2023).

7.1.3.5 Biotecnología

Es la utilización de microorganismos y enzimas para descomponer residuos y producir productos valiosos. Esta técnica emplea herramientas de otras áreas como son la biología molecular, la microbiología o la ingeniería genética (Instituto Europeo de Química, Física y Biología, 2023).

7.1.3.6 Compostaje

Según el Manual del compostaje de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el compostaje es la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. Se trata de un proceso controlado que libera calor, se lleva a cabo

en presencia de oxígeno (aeróbico) y humedad y degrada la materia orgánica hasta convertirla en un material estable y útil como fertilizante o como sustrato.

Así las cosas y de acuerdo con Castillo Huaman (2020), el compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos en insumos para la producción agrícola. Este proceso biológico de transformación de la materia orgánica en tierra de humus (abono orgánico) bajo el impacto de microorganismos, es posible siempre y cuando se den condiciones como temperatura, aireación, humedad para la realización de la fermentación aeróbica de estas materias.

Cabe resaltar que el Compostaje es una técnica fundamental para la gestión sostenible de residuos y la mejora de la calidad del suelo, ya que representa una fertilización ecológica, lo que implica un menor uso o la ausencia de productos químicos. Además, al ser un fertilizante, crea las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento y salud de las plantas, así como los nutrientes en el suelo.

7.1.3.6.1 Fases del proceso de compostaje.

Para obtener un compost de calidad es necesario que el proceso de compostaje pase por ciertas etapas o fases. Estas están definidas por el comportamiento de la temperatura interna en las pilas del compostaje. Hay que anotar que debe haber una adecuada selección de los residuos vegetales para evitar la contaminación de la composta.

En consecuencia y de conformidad al Manual de compostaje del agricultor de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura y el estudio realizado por Daniel Enrique Gómez Donis en el 2023 se establecen las siguientes fases:

1. Fase Mesófila I: En esta fase los microorganismos mesófilos, es decir, las bacterias y hongos descomponedores que sobreviven entre los 20° y 45° centígrados, comienzan a alimentarse de los desechos hasta que estos quedan degradados. La temperatura aumenta

hasta los 45°C, este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana. Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

2. *Fase Termófila*: Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Este aumento de la temperatura, que se busca que llegue generalmente hasta los 70-75° centígrados permite que se siga descomponiendo el material hasta que queda parcialmente maduro; este aún no puede ser utilizado dado que sigue teniendo altas temperaturas y falta que aparezcan nuevos microorganismos. Esta etapa es importante ya que destruye microorganismos patógenos, huevos de parásitos y semillas de malas hierbas que pueden perjudicar el cultivo

En lo que se refiere a su duración esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas entre otros. Ahora bien, vale la pena hacer hincapié en que una vez realizado el volteo la temperatura disminuye, pero después de unos días regresa hasta su punto máximo.

3. *Fase de Enfriamiento o Mesófila II*: Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C, sin elevarse nuevamente por encima de este valor, aunque se realicen los volteos, la temperatura no volverá a su punto máximo pues su tendencia es a la disminución. Durante esta fase los organismos mesófilos (hongos y bacterias) reinician su actividad ya que se encuentran adaptados a esta temperatura. En este orden de ideas la temperatura del material que está siendo compostado esta entre la temperatura ambiente y 40°-45°C. y en este punto del proceso al producto se le conoce como compost semimaduro (Garzón Marín, 20220).

4. *Fase de Maduración.* Es un período la temperatura del compost se encuentra a máximo 8°C por encima de la temperatura ambiente y no se eleva después de realizar volteos. Durante esta etapa los microorganismos terminan de transformar el material.

7.1.3.6.2 Ventajas del compost en el suelo.

El Manual de compostaje del agricultor publicada por la FAO para promover el; señala las ventajas o beneficios al suelo, mientras se conservan los recursos y se reducen en gran medida los impactos negativos en el medio ambiente.

Beneficios químicos:

- Aumenta en el suelo la existencia de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe) y azufre (S).
- Incrementa la eficiencia de la fertilización en los cultivos.
- Equilibra el pH natural del suelo, es decir el índice de acidez del suelo.
- Inmoviliza los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Frena el incremento de hongos y bacterias que afectan a la vegetación (Fernández Rodríguez et al., 2024)

Beneficios biológicos:

- Estimula la actividad microbiana.
- Eleva la capacidad de absorción y retención de humedad y nutrientes.
- Mejora las propiedades de todo tipo de suelos.
- Regenera los residuos orgánicos.
- Incrementa la biomasa del suelo
- Mejora el metabolismo de las plantas (Fernández Rodríguez et al., 2024)

Beneficios físicos:

- Interviene como soporte y nutriente de los microorganismos.

- Toma un color oscuro (marrón o negro).
- Produce y conserva energía calorífica.
- Mejora el paso de los nutrientes, la permeabilidad y oxigenación del suelo.
- Los suelos se mantienen más porosos y con una mejor retención de agua.
- Disminuye la erosión del suelo.
- Favorece la germinación y el crecimiento de las raíces (Fernández Rodríguez et al., 2024)

Otros beneficios complementarios del proceso de compostaje están en la reducción de malos olores producto de la pudrición y en la eliminación de vectores como insectos y ratas.

7.1.3.6.3 Variables en el proceso del compostaje

El compostaje es un proceso mediado por la intervención de microorganismos y condicionado por factores como la temperatura, el pH, la relación C/N (carbono, nitrógeno), aireación, humedad, área disponible para obtener un producto final de calidad que restituya la materia orgánica y nutrientes al suelo.

Gracias a las anteriores variables estos residuos orgánicos vegetales se transforman en fuente de nutrientes y humus entre las que se destacan: (Castro Hernández et al., 2023).

7.1.3.6.3.1 Temperatura: El aumento de la temperatura es el resultado de la descomposición de los subproductos vegetales por parte de los microorganismos. Es necesario precisar que cuando se supera los 70°C el proceso no es eficaz ya que muchos microorganismos mueren por no sobrevivir a esta temperatura.

7.1.3.6.3.2 Aireación: Los microorganismos que participan en el proceso de compostaje necesitan de oxígeno en una pila de compostaje para sobrevivir. Una adecuada aeración impedirá la formación de compuestos fitotóxicos y la presencia de malos olores, por lo anterior es necesario la realización de los volteos.

7.1.3.6.3.3 Humedad: La humedad es indispensable para los microorganismos, ya que el agua es el medio en el que se desplazan, viven y se alimenta. Los niveles óptimos de humedad están entre el 40 y el 60%, esto puede ser verificado mediante pruebas organolépticas (sentidos humanos). Los volteos frecuentes pueden ayudar a corregir o distribuir la humedad durante el proceso de fabricación de abono

7.1.3.6.3.4 Relación C/N: Del adecuado balance depende gran parte del comportamiento del compostaje, en la pila el carbono del material en descomposición es usado por los microorganismos como fuente de energía y el nitrógeno es necesario ya que es un componente fundamental de las proteínas encargadas de la degradación vegetal. Por ello Es ideal que tengan una relación C/N de 25 a 35.

7.1.3.6.3.5 Área disponible: Para el adecuado compostaje de los subproductos vegetales se requiere de la disponibilidad de un área para que el proceso pueda darse en forma completa.

Por ultimo y conforme con Castro Hernández et al. (2023), el proceso de compostaje puede tomar de 22 días a 4 meses, según el tipo de materia prima y estas variables.

7.1.4 Los EMs

Los Microorganismos eficientes surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola.

Los EMs son un concentrado líquido que contiene alrededor de 80 variedades de microorganismos. Esta mezcla biológica de microorganismos, no son perjudiciales, ni

tóxicos, ni genéticamente modificados (Transgénicos); por el contrario, son naturales, benéficos y altamente eficientes (Chaparro Montoya et al., 2020).

7.1.4.1 Características de los EMs.

La inoculación de microorganismos eficientes (EMs) es una técnica utilizada para mejorar la eficiencia del proceso de compostaje (Velazquez Huacho,2024); ya que estos microorganismos poseen unas características que se ve reflejado en el producto final por que mejora la eficacia del compost, reduce el tiempo y la calidad del mismo, ayudan en la solubilización de nutrientes mejorando la absorción de los mismos; además, reduce la generación de olores fuertes y desagradables en el proceso del compostaje.

7.1.4.2 Composición de los EMs

Los Microorganismos Eficientes están compuesto por microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros Lactobacillus (bacterias ácido lácticas), Saccharomyces (levaduras), Rhodopseudomonas (bacterias fotosintéticas o fototróficas), Actinomycetes y hongos filamentosos fermentadores (Mesa Reinaldo, 2020).

El estudio realizado por Diaz Fuentes y Benítez González (2023) referente a esto, establece que los microorganismos están compuestos principalmente por: Bacterias fotosintéticas: Estas bacterias son consideradas el núcleo de la comunidad microbiana del microorganismo eficiente. Cabe anotar que son bacterias autótrofas, pueden crecer con o sin oxígeno, utilizan la luz, pueden fijar el nitrógeno. Este grupo de microorganismos sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces y la materia orgánica, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Bacterias acidolácticas: Las BAL son bacterias anaeróbicas, inhiben y controla poblaciones de patógenos como el Staphylococcus aureus, Fusarium y nematodos, reduce el pH del sustrato e inhibe otros competidores, degrada la lignina y la celulosa y acelera la descomposición de la materia orgánica.

En síntesis, este ácido, es un compuesto que controla microorganismos dañinos y ayuda a la desintegración de la materia orgánica.

Levaduras: Son hongos microscópicos unicelulares, anaerobios, capaces de descomponer mediante fermentación los hidratos de carbono, produciendo sustancias útiles para el crecimiento de las plantas.

Hongos filamentosos fermentadores: Estos hongos desarrollan mecanismos biocontroladores de competencia por espacio y nutrientes, además descomponen rápidamente la materia orgánica y previene la aparición de insectos perjudiciales y vectores.

7.1.5 Economía circular

Es una herramienta novedosa que busca maximizar el valor de los recursos y minimizar la generación de residuos.

Ahora bien, el modelo lineal se basa fundamentalmente en la producción de bienes o materias primas, su distribución en todo el mundo, su utilización y por último su desecho, en la mayoría de los casos sin posibilidades de ser reutilizados (Esposito et al.,2018), lo que plantea un desafío al desarrollo sostenible. En contraste, nace el término de Economía Circular, planteado como un modelo económico sostenible, ya que se levanta como una alternativa lógica y viable, que corrige los principales problemas del modelo lineal anteriormente señalado, el cual lo describimos como tomar, hacer y desecha así lo proclama Ken Webster, economista promotor de la economía circular.

Definitivamente 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 los residuos de cosecha y postcosecha, al ciclo económico y productivo de forma eficiente a través del compostaje.

Es importante señalar que El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Asocolflores (2020), suscribieron un acuerdo intersectorial para avanzar hacia una floricultura baja en carbono y circular, que contribuya a la consecución de la meta de país de reducir el 51 % de emisiones de carbono al 2030.

7.1.6 Sostenibilidad

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, que cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, de los cuales el 11, 12 y 13 son aplicables a este proyecto. Así mismo, las Naciones Unidas definió la sostenibilidad como lo que permite “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias.”

De acuerdo, como lo manifiesta la ONU, la sostenibilidad implica cómo debemos vivir hoy si queremos un futuro mejor, velando por las necesidades presentes, pero sin comprometer las oportunidades de las generaciones futuras (Informe de los ODS, 2023).

En definitiva, la apuesta a la sostenibilidad en el manejo de residuos vegetales en el sector floricultor es fundamental para reducir el impacto ambiental, promover practicas más responsables como el compostaje, el ahorro de recursos naturales y costos de producción, la mejora de la imagen corporativa y el aumento de la confianza de los clientes, trayendo como resultado una gestión sostenibles de residuos que apoyada en la normatividad legal y ambiental nacional e internacional, va a proteger el medio ambiente para las generaciones futuras.

7.2. Marco antecedentes

7.2.1. Evaluación del uso de compost de residuos florales

El estudio consistió en la aplicación de compost de residuos florales en cultivos de flores de corte, midiendo su impacto en el crecimiento, desarrollo y calidad del producto final. Se realizó un ensayo en campo con diferentes tratamientos, evaluando parámetros clave para la producción florícola. (Vargas Oscar & Torres Marco. 2022)

- I. **Diseño experimental:** Ensayo de campo en un cultivo comercial de flores de corte.
- II. **Tratamientos:** Se aplicaron diferentes dosis de compost (baja, media y alta) y se compararon con un tratamiento control sin compost.
- III. **Parámetros evaluados:**
 - Altura de la planta
 - Diámetro del tallo
 - Número y tamaño de flores
 - Duración postcosecha
 - Contenido de nutrientes en suelo y planta
- IV. **Análisis de datos:** Se utilizaron métodos estadísticos para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Los resultados indicaron que el uso de compost de residuos florales mejoró la calidad y rendimiento de las flores de corte. Se observó un aumento en la biomasa, el tamaño y la duración postcosecha de las flores en los tratamientos con compost. Además, se redujo la necesidad de fertilizantes químicos, lo que favorece una

producción más sostenible y con menor impacto ambiental. (Vargas Oscar & Torres Marco. 2022)

7.2.2. Compostaje de residuos florales

Este estudio evaluó la viabilidad del compostaje de residuos florales como una alternativa sostenible para la gestión de desechos orgánicos y su impacto en la calidad del suelo. Se analizó cómo la transformación de estos residuos en compost puede contribuir a la reducción de desechos, mejorar la fertilidad del suelo y disminuir la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos. Se llevaron a cabo experimentos de compostaje utilizando diferentes mezclas de residuos florales con otros materiales orgánicos, como restos vegetales y materiales ricos en carbono. Durante el proceso, se monitorearon variables clave como la temperatura, la humedad y el tiempo de descomposición. Una vez obtenido el compost, se realizaron análisis fisicoquímicos para evaluar su calidad y capacidad para mejorar las propiedades del suelo. (Marín Ian. 2020)

Los resultados indicaron que el compostaje de residuos florales es una estrategia efectiva para la gestión sostenible de estos desechos. El compost producido mostró mejoras significativas en la fertilidad del suelo, aumentando el contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales. Además, su aplicación redujo la necesidad de fertilizantes químicos, lo que representa un beneficio ambiental y económico. Estos hallazgos sugieren que el compostaje de residuos florales puede ser una práctica viable y ecológica para la agricultura y la gestión de residuos urbanos.

7.2.3. Implementación de la economía circular

El presente estudio tiene como objetivo analizar la viabilidad de implementar un modelo de economía circular en el sector floricultor de Cundinamarca, con el fin de mejorar la gestión de residuos orgánicos. Se busca determinar el impacto de estas prácticas en la reducción de costos y la minimización del impacto ambiental, promoviendo un desarrollo sostenible en la región. Para la investigación, se evaluó la generación y manejo de residuos en fincas floricultoras de Cundinamarca. Se identificaron oportunidades para la implementación de estrategias de economía circular, como el compostaje y la reutilización de residuos orgánicos, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos y reducir la contaminación ambiental. Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, utilizando la metodología de estudio de caso. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con productores floricultores, expertos en economía circular y autoridades ambientales. Además, se llevó a cabo un análisis documental de normativas y estudios previos relacionados con la gestión de residuos en el sector. (Cadena Forero Diana. 2021)

Los hallazgos del estudio indican que la adopción de prácticas de economía circular en la floricultura, como el compostaje de residuos vegetales y la reutilización de subproductos en la cadena productiva, puede generar beneficios económicos y ambientales significativos. Estas prácticas permiten reducir costos operativos asociados a la disposición de residuos, mejorar la fertilidad del suelo y disminuir el impacto ambiental de la actividad floricultora. Además, se destaca la necesidad de capacitación y concienciación en el sector para fomentar la adopción de estas estrategias de manera efectiva.

7.2.4. Mejores cultivos de girasol gracias a compostaje de residuos de flores

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del compostaje de residuos florales en la calidad del suelo y en la productividad de los cultivos de girasol en Cundinamarca. A través de esta investigación, se busca determinar la viabilidad de esta técnica como una alternativa sostenible para mejorar la fertilidad del suelo y optimizar el rendimiento agrícola en la región. El estudio se enfocó en analizar cómo la incorporación de compost elaborado a partir de residuos florales influye en el desarrollo de los cultivos de girasol. Se evaluaron parámetros clave como el crecimiento de las plantas, la calidad del suelo y la productividad del cultivo. Se compararon parcelas tratadas con compost con parcelas de control sin compost para medir el efecto real de esta enmienda orgánica. (Universidad Nacional de Colombia, 2023).

Para la investigación se diseñaron ensayos de campo en los que se aplicó compost de residuos florales en parcelas de cultivo de girasol. Se establecieron dos grupos experimentales: uno con la aplicación de compost y otro de control sin compost. Durante el ciclo de cultivo, se realizaron mediciones periódicas de variables como altura de las plantas, desarrollo radicular, contenido de nutrientes en el suelo y rendimiento de la cosecha. Además, se analizaron las propiedades fisicoquímicas del suelo antes y después del experimento. (Universidad Nacional de Colombia. 2023).

Los resultados del estudio evidenciaron que la aplicación de compost de residuos florales mejoró significativamente la calidad del suelo, incrementando su contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales. Asimismo, los cultivos de girasol tratados con compost mostraron un crecimiento más vigoroso y una mayor productividad en comparación con las parcelas de control. Estos hallazgos demuestran el potencial del compostaje como una estrategia sostenible para la gestión de residuos en la industria florícola y para la mejora de los sistemas agrícolas en Cundinamarca.

Este estudio resalta la importancia de implementar prácticas ecológicas en la agricultura, promoviendo la reutilización de residuos orgánicos para fortalecer la productividad y la sostenibilidad del sector agropecuario.

7.2.5. Analizar la percepción de los productores floricultores

Este estudio explora la actitud y el conocimiento de los productores floricultores en relación con la gestión de residuos y la implementación de prácticas sostenibles en el sector. Se busca identificar el nivel de conciencia ambiental, los desafíos que enfrentan y las oportunidades para mejorar la sostenibilidad en la floricultura. Se empleó un enfoque cualitativo y cuantitativo a través de la aplicación de encuestas y entrevistas semiestructuradas a productores de flores en diversas regiones. Esto permitió obtener información detallada sobre sus percepciones, conocimientos y prácticas en torno a la gestión de residuos. (Santos Emmanuela, 2021)

Los resultados indican que existe una creciente conciencia sobre la importancia de la gestión de residuos en la floricultura. Sin embargo, se identificó la necesidad de mayor capacitación y apoyo técnico para la implementación efectiva de prácticas sostenibles. Se recomienda el desarrollo de programas educativos y políticas que fomenten el aprovechamiento de los residuos en el sector.

7.2.6. Estrategia Nacional de Economía Circular y su impacto en la floricultura

Evaluar el impacto de la Estrategia Nacional de Economía Circular en la gestión de residuos dentro del sector floricultor en Colombia. El estudio analiza la aplicación de políticas de economía circular en la floricultura, identificando avances, barreras y oportunidades para mejorar la sostenibilidad en la gestión de residuos.

Se realizó una revisión de políticas públicas relacionadas con la economía circular y su implementación en empresas floricultoras. Además, se llevó a cabo un análisis documental y encuestas dirigidas a productores del sector para conocer su nivel de adopción y percepción sobre estas estrategias.

Se identificó que la aplicación de la economía circular en la floricultura aún es limitada, debido a la falta de incentivos y conocimientos específicos. Sin embargo, existe un gran potencial de crecimiento si se fortalecen las estrategias de implementación y capacitación en el sector (Minambiente 2022).

7.3. Marco normativo

La gestión sostenible de los residuos vegetales en la floricultura, especialmente en municipios productores como El Rosal (Cundinamarca), se enmarca dentro de un conjunto de disposiciones normativas nacionales que promueven la economía circular, la sostenibilidad ambiental, y la eficiencia productiva. A continuación, se describen los principales instrumentos legales y políticos vigentes a partir del año 2020:

Ley 2041 de 2020

"Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de residuos sólidos"

- Establece principios y lineamientos para la gestión de residuos con énfasis en el aprovechamiento y reincorporación.
- Incentiva procesos productivos que incorporen residuos orgánicos como insumo para compostaje o bioabonos.

Política Nacional de Economía Circular (PNEC, 2019, Actualizada en 2021)

- Promueve la reutilización de residuos orgánicos agrícolas dentro del mismo sistema productivo.
- En el sector agropecuario, impulsa prácticas como el compostaje, biogás y la producción de insumos biológicos a partir de residuos.

Resolución 2184 de 2019 (vigente desde 2021)

- Establece el código de colores para la separación de residuos en la fuente.
- El residuo orgánico (verde) debe destinarse a procesos de aprovechamiento, priorizando compostaje en zonas rurales.

Ley 2294 de 2023 – Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026

- Promueve el enfoque de bioeconomía, orientado a la valorización de residuos agroindustriales.
- Incentiva modelos de producción con mínimos impactos ambientales y máxima reincorporación de materiales.

Conpes 3934 de 2018 – Política Nacional de Gestión Integral de residuos Sólidos (PNGIRS)

- Aunque anterior a 2020, es la base vigente para todo el sistema de residuos sólidos en Colombia.
- Fomenta la implementación de estrategias de aprovechamiento rural, como compostaje y reciclaje de biomasa agrícola.

Decreto 1076 de 2015 – Decreto único reglamentario del Sector Ambiente y desarrollo sostenible (Actualizado 2022)

- Regula la disposición y aprovechamiento de residuos orgánicos dentro del marco ambiental.
- Obliga a implementar planes de manejo ambiental en actividades agrícolas, incluyendo la gestión de residuos vegetales.

Lineamientos Técnicos de Corpoica / Agrosavia y Ministerio de Agricultura

- Documentos técnicos como "Lineamientos para la gestión de residuos agropecuarios" (2020) recomiendan la reincorporación de residuos vegetales como estrategia de sostenibilidad.
- Promueven técnicas como la lombricultura, compostaje, y fertilizantes orgánicos.

Ordenanzas y normativas Locales (Cundinamarca y El Rosal)

- Los municipios pueden establecer sus propios Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).
- El Rosal, como parte del área floricultora de Sabana Centro, tiene reglamentaciones específicas para residuos agroindustriales.

Constitución política de Colombia – Capítulo 3: Los derechos colectivos y del ambiente

- Artículo 79: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.”
- Artículo 80: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.”

Estos artículos respaldan el derecho de la comunidad a un ambiente sano, y promueven el manejo sostenible de recursos. Esta propuesta contribuye a esto al reutilizar residuos vegetales en lugar de desecharlos, lo cual reduce la contaminación y mejora la sostenibilidad del cultivo.

Ley 99 de 1993 – Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente

Esta ley constituye el eje central de la política ambiental en Colombia. Entre sus aportes más relevantes se encuentran:

- Artículo 1 y 2: Declaran el medio ambiente como patrimonio común y establecen su protección como deber del Estado y la comunidad.

- Artículo 65: Promueve la adopción de tecnologías limpias y el uso sostenible de los recursos naturales.
- Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y define el papel de entidades como las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), encargadas de vigilar y apoyar estos procesos a nivel local.

El manejo integral de los residuos vegetales se convierte en una práctica coherente con los principios de producción limpia. Al reincorporar estos residuos al ciclo productivo, se reduce la presión sobre los recursos naturales y se minimiza la contaminación del suelo y el agua, lo cual se alinea con los objetivos de esta ley.

Norma Técnica ISO 14001-Sistema de Gestión Ambiental

La ISO 14001 es una norma internacional que establece los requisitos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), orientado a:

- Identificar, gestionar y reducir los impactos ambientales negativos.
 - Cumplir con la legislación vigente.
 - Mejorar continuamente el desempeño ambiental de la organización.
1. El proyecto puede integrarse dentro del SGA de las empresas productoras de flores en El Rosal, fomentando la planificación y ejecución de buenas prácticas ambientales. La reincorporación de residuos vegetales como abono orgánico o sustrato agrícola puede convertirse en una acción clave dentro del ciclo de mejora continua propuesto por la norma.

8. Análisis de restricciones

8.1. Restricciones ambientales

Los residuos vegetales, al no ser tratados o procesados adecuadamente estos pueden generar en el ambiente impactos significativos como:

8.1.1. Gases producidos por el efecto invernadero:

Hay diversos factores ambientales y socioeconómicos para determinar cómo el vertedero afecta a las comunidades rurales cercanas. Los resultados indican que los vertederos de residuos sólidos urbanos pueden tener efectos significativos en la calidad del suelo, el agua y el aire, así como en la salud y el bienestar de la población local. Cuando hay descomposición anaeróbica de residuos orgánicos en vertederos produce metano (CH_4), un gas con un potencial de calentamiento global 25 veces superior al CO_2 (Makarenko B., 2017).

8.1.2. contaminación dirigida al suelo y agua:

La contaminación del suelo y el agua es una preocupación asociada a los residuos vegetales, ya que los lixiviados que generan pueden infiltrarse en el suelo y llegar a cuerpos de agua cercanos. Esto puede provocar procesos de eutrofización debido al exceso de nitrógeno y fósforo, lo que afecta negativamente los ecosistemas acuáticos. (Bautista L., 2005).

8.1.3. Olores y proliferaciones:

La acumulación de residuos sin un tratamiento adecuado genera olores molestos y puede atraer insectos y roedores, lo que contribuye a la proliferación de vectores. Esto se ha evidenciado en diversos estudios que analizan el impacto del manejo inadecuado de residuos sólidos (Pedraza X., 2020)

Tabla 2: Límites de inmisión para mezclas de sustancias de olores ofensivos en actividades económicas generadoras de olores ofensivos.

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD LÍMITE DE INMISIÓN*
Planta de beneficio animal (matadero) Instalación de procesamiento térmico de subproductos animales Curtiembre Relleno sanitario Planta de tratamiento de aguas residuales Gestión de residuos sólidos orgánicos Fabricación de sustancias y productos químicos	1,5 UOE/m ³
Unidad de producción pecuaria	3,0 UOE/m ³
Fábrica de alimentos	6,0 UOE/m ³
Otras actividades	1,5 UOE/m ³

Nota: Unidades de olor europeas (UOE) expresadas como el percentil 98 de las horas modeladas en el periodo de evaluación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible 2012)

Las Directrices de la OMS sobre la calidad del aire señalan que mediante la reducción de la contaminación con partículas (PM10) de 70 a 20 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) es posible reducir en un 15% el número de defunciones relacionadas con la contaminación del aire. La contaminación con partículas conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones; no se ha podido identificar ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud. (Organización Mundial de la Salud, 2018). De tal forma que es de gran importancia prestar la debida atención a la problemática que conlleva la generación de olores producidos en una planta de sacrificio para el bienestar de los trabajadores y de la población cercana a las instalaciones del frigorífico. (Pedraza X., 2020)

8.1.4. Viabilidad del reciclaje de residuos vegetales (compostaje)

El compostaje es una alternativa viable y sostenible para el manejo de residuos vegetales:

- **Beneficios ambientales:**
 - Reduce la cantidad de residuos enviados a rellenos sanitarios.
 - Disminuye emisiones de GEI.

- Mejora la calidad del suelo al aportar materia orgánica.
- **Riesgos si no se controla adecuadamente:**
 - Generación de lixiviados contaminantes.
 - Emisión de olores y gases como amoníaco o metano.
 - Contaminación del compost con metales pesados si no hay separación adecuada de residuos
- **Para garantizar la viabilidad del compostaje:**
 - Se requiere educación ciudadana sobre separación en la fuente.
 - Implementación de infraestructura adecuada (zonas de compostaje, control de humedad y temperatura).
 - Monitoreo de calidad del compost para evitar contaminación
- **Recomendaciones**

Diagnóstico local de generación de residuos vegetales (cantidad, origen, estacionalidad).

- Diseño de un programa de compostaje municipal, con participación comunitaria y apoyo técnico.
- Gestión ante la CAR para permisos ambientales según el POT y normativas vigentes.
- Educación ambiental continua y campañas de separación en la fuente.

8.2. Restricciones económicas

8.2.1. Acceso al Financiamiento para PYMEs

Las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) representan una parte significativa del tejido empresarial colombiano. Sin embargo, enfrentan dificultades notables para acceder a financiamiento adecuado:

- **Dependencia de Recursos Propios:** Debido a las barreras en el acceso al crédito formal, muchas PYMEs dependen en gran medida de sus propios recursos o de fuentes informales para financiar sus operaciones y proyectos de inversión.
- **Percepción de Riesgo por Parte de las Entidades Financieras:** Las instituciones financieras suelen considerar a las PYMEs como clientes de alto riesgo debido a factores como la falta de historial crediticio, garantías insuficientes y estructuras organizativas menos formales. Esta percepción limita la disposición de los bancos a otorgar créditos a este segmento. (Zuleta A., 2016)

8.2.2. Estructura de Financiamiento y Restricciones de Inversión

La estructura de financiamiento de las empresas en Colombia ha evolucionado, pero persisten desafíos significativos:

- **Predominio del Crédito a Corto Plazo:** Las PYMEs suelen acceder principalmente a créditos de corto plazo, lo que dificulta la financiación de proyectos de inversión a largo plazo necesarios para su crecimiento y consolidación.
- **Limitada Oferta de Instrumentos Financieros Alternativos:** Existe una baja disponibilidad de instrumentos financieros adaptados a las necesidades de las PYMEs, como el leasing o el factoring, lo que restringe sus opciones de financiamiento.
- **Condiciones Financieras Desfavorables:** Las tasas de interés y las exigencias de garantías suelen ser más onerosas para las PYMEs en comparación con las grandes

empresas, lo que encarece el costo del financiamiento y limita la capacidad de inversión. (Zuleta A., 2016)

8.2.3. Políticas de Apoyo

Para mitigar estas restricciones, el gobierno colombiano ha implementado diversas iniciativas:

- **Fondo Nacional de Garantías (FNG):** Ofrece garantías que respaldan los créditos otorgados a las PYMEs, facilitando su acceso al financiamiento al reducir el riesgo percibido por las entidades financieras.
- **Bancóldex:** Actúa como banco de desarrollo empresarial, proporcionando líneas de crédito y servicios financieros especializados para apoyar la modernización y competitividad de las PYMEs. (Zuleta A., 2016)
- **Programas de Inclusión Financiera:** Iniciativas como la Banca de las Oportunidades buscan ampliar el acceso a servicios financieros formales para las PYMEs y otros sectores subatendidos. (Zuleta A., 2016)
- **Política Agraria:** Esta ley establece el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, con el objetivo de promover el acceso a la tierra y mejorar las condiciones de vida de la población rural. Define mecanismos para la adquisición y distribución de tierras, así como para la creación de Zonas de Reserva Campesina. (Minagricultura. 2025)

8.2.4. Barreras Arancelarias

La imposición de aranceles a productos importados encarece las importaciones, protegiendo a las industrias locales. Sin embargo, esto puede llevar a ineficiencias y afectar negativamente a los consumidores debido a precios más altos y menor variedad de productos. El Fondo Monetario Internacional señala que los aranceles suelen causar más perjuicios que beneficios en la economía doméstica.

- **Aumento de costos para la importación de insumos**
 - Si el proyecto requiere maquinaria, tecnología o insumos no disponibles en el país, los aranceles encarecen significativamente la inversión inicial.
 - Esto afecta directamente la rentabilidad, el punto de equilibrio y el retorno esperado del proyecto. (López Cáliz, J. R., & Meisel, A. 2022)
- **Riesgo de represalias comerciales**
 - Las barreras arancelarias pueden desencadenar represalias de otros países, afectando la exportación de bienes producidos localmente, como compost, fertilizantes orgánicos o productos agrícolas. (López Cáliz, J. R., & Meisel, A. 2022)
- **Aranceles actuales**
 - La importación de trituradoras, volteadoras de compost o sistemas de biofiltros puede estar sujeta a aranceles del 5%, 10% o más, dependiendo del país de origen y la clasificación arancelaria.
 - Si no se tiene acceso a tecnologías locales equivalentes, estas restricciones dificultan la viabilidad del proyecto en su fase de implementación tecnológica. (DNP 2021).

8.2.5. Impacto del Contexto Macroeconómico y Político

El entorno macroeconómico y político tiene una influencia significativa en las decisiones de inversión privada:

- **Incertidumbre Económica:** La incertidumbre en variables macroeconómicas, como la inflación y el crecimiento del PIB, puede desincentivar la inversión privada. Estudios han demostrado que períodos de alta incertidumbre económica en Colombia han coincidido con reducciones en las tasas de inversión privada. (Banrep 1996)
- **Riesgo de Expropiación y Cambios Políticos:** La posibilidad de expropiación por parte del Estado y cambios en las políticas gubernamentales pueden generar desconfianza entre los inversionistas. La percepción de un entorno político inestable puede llevar a la postergación o cancelación de proyectos de inversión, afectando negativamente el desarrollo económico. (Banrep 1996)

8.2.6. Recomendaciones las Restricciones Financieras

Para mejorar el acceso al financiamiento y superar las limitaciones de inversión, se sugieren las siguientes acciones:

- Las PYMEs deben mejorar su gestión financiera, formalizar sus operaciones y construir historiales crediticios sólidos para aumentar su atractivo ante las entidades financieras.
- Explorar alternativas como el capital semilla, inversionistas ángeles y plataformas de crowdfunding puede proporcionar recursos adicionales y reducir la dependencia del crédito bancario tradicional.
- Participar activamente en las iniciativas de apoyo ofrecidas por el gobierno y entidades relacionadas puede facilitar el acceso a financiamiento en condiciones más favorables.

- Buscar asesoramiento especializado y capacitación en temas financieros puede mejorar la capacidad de las PYMEs para gestionar sus recursos y negociar mejores condiciones de financiamiento.
- Establecer comunicación con entidades como la Agencia Nacional de Tierras y el Ministerio de Agricultura puede proporcionar claridad sobre los procedimientos y requisitos aplicables.
- Explorar asociaciones con comunidades locales o cooperativas puede facilitar el acceso a recursos y alinearse con las políticas gubernamentales actuales.
- Evaluar detalladamente los riesgos financieros, macroeconómicos y políticos antes de emprender un proyecto de inversión.
- Buscar alternativas de financiamiento, tanto nacionales como internacionales, para reducir la dependencia de una única fuente y mitigar riesgos asociados al acceso al crédito.
- Mantenerse informado sobre cambios en políticas gubernamentales, reformas tributarias y acuerdos comerciales que puedan afectar la operación y rentabilidad del negocio.
- los tratados TLC con EE.UU., la UE o la CAN, que pueden reducir aranceles en algunos sectores.
- Valorar sustitución tecnológica local como alternativa a importaciones con altos aranceles.

8.3. Restricciones legales

Normativas ambientales y licencias vigentes en El Rosal, Cundinamarca en Colombia, el marco normativo para la gestión de residuos sólidos y orgánicos está regulado por:

8.3.1. Normativas Ambientales

- **Permisos de Vertimientos:**

- El Decreto 3930 de 2010 establece los parámetros y límites para los vertimientos puntuales a cuerpos de agua y suelos. (Mincit 2013)
- Las empresas deben obtener un Permiso de Vertimientos antes de descargar aguas residuales, proceso que implica la presentación de estudios de caracterización y planes de manejo ante la autoridad ambiental competente. (Anla, 2023)

- **Evaluación de Impacto Ambiental:**

- Dependiendo de la naturaleza y magnitud del proyecto, puede ser obligatorio realizar una EIA para identificar, prevenir y mitigar los impactos ambientales negativos.
- La **Ley 99 de 1993** establece la obligatoriedad de la EIA para proyectos que puedan causar deterioro ambiental significativo. (minambiente 1993)

8.3.2. Uso del Suelo y Ordenamiento Territorial

- **Plan de Ordenamiento Territorial :**

- Cada municipio en Colombia cuenta con un POT que define los usos permitidos del suelo en su jurisdicción. Es fundamental verificar que la ubicación propuesta para el proyecto sea compatible con las actividades planificadas. (Sdp 2021)
- El **Decreto 1076 de 2015** establece directrices sobre el uso del suelo y ordenamiento territorial. (Funcionpublica 2015).

- **Licencias de Construcción:**

- Antes de iniciar cualquier obra, es necesario obtener una licencia de construcción que certifique el cumplimiento de las normativas urbanísticas y de uso del suelo. (Sdp 2021).

8.3.3. Normas ISO

- **ISO 14001 – Sistema de Gestión Ambiental**

Es la norma más importante en temas de gestión ambiental. Establece los requisitos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que permita a una organización:

- Identificar impactos ambientales (como residuos orgánicos).
- Cumplir la legislación ambiental.
- Mejorar su desempeño ambiental continuamente. (Icontec.org)

- **ISO 14055 – Directrices para buenas prácticas de manejo sostenible del suelo**

Establece directrices voluntarias para prácticas de manejo sostenible del suelo, incluyendo el uso de compost. Está especialmente alineada con actividades agroindustriales que buscan reducir la degradación del suelo y mejorar su fertilidad. (Icontec.org)

- **ISO 17088 – Especificaciones para plásticos compostables**

Aunque esta norma se centra en plásticos biodegradables, define criterios estrictos sobre condiciones de compostaje industrial, que se aplican indirectamente a las plantas de compost. (Icontec.org)

- **ISO/TR 24596 – Gestión de residuos orgánicos en zonas urbanas y rurales**

Informe técnico sobre metodologías, riesgos sanitarios, trazabilidad, transporte y tratamiento de residuos orgánicos. (Icontec.org)

8.3.4. Recomendaciones

- Dada la complejidad y especificidad de las normativas colombianas, se recomienda contar con asesoría legal especializada para garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones y evitar sanciones.
- Realizar un análisis detallado de las restricciones legales en las etapas iniciales del proyecto permitirá identificar posibles obstáculos y planificar estrategias para superarlos.
- El cumplimiento de normas internacionales como la ISO 14001 y la ISO 14055 representa una restricción técnica y operativa en la implementación del proyecto de compostaje, ya que exige la adopción de sistemas formales de gestión ambiental, monitoreo de procesos, y validación de la calidad del producto compostado. La no observancia de estas normas puede limitar el acceso a certificaciones, mercados sostenibles y beneficios tributarios que exigen cumplimiento ambiental comprobable.

8.4. Restricciones en salud y seguridad

8.4.1. Contaminación por productos químicos: La posible presencia de residuos de pesticidas y fertilizantes en los residuos vegetales debe ser considerada, ya que puede afectar la salud de los trabajadores y consumidores. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS, 2017), es importante cumplir con las

normativas sobre el manejo adecuado de los residuos agrícolas para evitar la contaminación del suelo y el agua, y prevenir riesgos para la salud humana.

8.4.2. Riesgos biológicos y enfermedades: El manejo inadecuado de residuos vegetales puede promover la proliferación de plagas y microorganismos patógenos. Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2019), el uso de residuos agrícolas en el proceso productivo debe estar bien gestionado para evitar la transmisión de enfermedades zoonóticas y la proliferación de bacterias y hongos.

8.4.3. Seguridad en el uso de maquinaria: La utilización de maquinaria para procesar residuos vegetales debe cumplir con las normativas de seguridad industrial para prevenir accidentes laborales. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020), los trabajadores deben estar capacitados para operar maquinaria pesada y contar con equipos de protección adecuados. Además, se deben establecer protocolos claros de seguridad en el manejo de residuos.

8.4.4. Prevención de incendios: Los residuos vegetales, si no se gestionan adecuadamente, pueden ser un riesgo de incendio. Según la Agencia Nacional de Defensa Civil de Colombia (ANDC, 2021), se deben adoptar prácticas de manejo que minimicen el riesgo de incendios, como el almacenamiento seguro de los residuos y el monitoreo constante de las condiciones de humedad.

8.5. Restricciones socioculturales

- 8.5.1. Resistencia al cambio en las prácticas agrícolas:** Los agricultores de El Rosal pueden tener una fuerte tradición en el manejo de cultivos y residuos, por lo que el proyecto debe involucrar a la comunidad en todas las fases. Según Pérez y Gómez (2018), las prácticas agrícolas tradicionales pueden entrar en conflicto con nuevas formas de gestión de residuos. Es fundamental llevar a cabo talleres y sesiones informativas para asegurar que los agricultores entiendan los beneficios del manejo adecuado de residuos y cómo esto puede mejorar la calidad de su producción.
- 8.5.2. Cultura de reciclaje y sostenibilidad:** La educación ambiental y la promoción de una cultura de reciclaje son esenciales para que el proyecto sea aceptado por la comunidad. Según el estudio de Sánchez et al. (2020), las iniciativas de manejo de residuos agrícolas deben ir acompañadas de programas educativos que fomenten la conciencia ambiental en las comunidades rurales.
- 8.5.3. Impacto social y económico en la comunidad:** El proyecto también debe considerar el impacto en el empleo y la economía local. Según un informe de la FAO (2016), la integración de nuevas tecnologías de manejo de residuos debe ser inclusiva y considerar los efectos en la economía local y en los medios de vida de las familias rurales.

8.6. Restricciones técnicas

8.6.1. Tiempo de Procesamiento

El vermicompostaje es un proceso biológico que requiere un período mínimo de 2 a 3 meses para que las lombrices transformen los residuos vegetales en compost de alta calidad. Este tiempo puede variar dependiendo de factores como la composición de los residuos y las condiciones ambientales. (Yadav, A., 2016).

8.6.2. Temperatura y Humedad

Las lombrices utilizadas en el vermicompostaje, como la *Eisenia fétida*, son sensibles a las condiciones ambientales:

- **Temperatura:** El rango óptimo para su actividad se sitúa entre 15°C y 25°C. Temperaturas fuera de este rango pueden ralentizar su metabolismo o incluso ser letales.
- **Humedad:** Se requiere un nivel de humedad entre el 60% y el 80% para mantener un ambiente adecuado para las lombrices y facilitar la descomposición de los residuos.

Mantener estas condiciones es esencial para asegurar la eficiencia del proceso y la calidad del compost producido. (Sinha, R. K., & Bharambe, G., 2008).

9. Metodología

La búsqueda de prácticas agrícolas sostenibles para restaurar y mejorar la salud del suelo se convierte en una necesidad primordial en la actualidad, es por esto que nacen soluciones como el vermicompostaje, biotecnología y el compostaje enriquecido con EMs para el manejo, aprovechamiento y reincorporación de los residuos vegetales en el sector floricultor.

9.1. Vermicompostaje:

El vermicompostaje es una técnica en el cual se utilizan las lombrices de tierra para descomponer los residuos vegetales

El Humus de Lombriz de acuerdo al estudio de Mendoza Intrigo et al., (2024), al ser aplicado al suelo genera un impacto positivo, ya que contribuye a su restauración y a la mejora de su fertilidad. Por otro lado, aporta unos beneficios significativos, convirtiéndose estos, en la columna vertebral de los requerimientos funcionales de esta alternativa ecológica.

9.1.1. Propiedades físicas:

- Mejora de la estructura del suelo
- Aumento de la capacidad de retención de agua
- Disminución de la compactación del suelo

9.1.2. Propiedades químicas:

- Aporte de nutrientes esenciales para las plantas
- Regulación del pH del suelo

9.1.3. Propiedades biológicas:

- Aumento de la actividad microbiana del suelo
- Estimulación del crecimiento vegetal

- Mejora de la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades

Dentro de este orden de ideas, las lombrices de tierra son anélidos que se agrupan en 13 familias, de los cuales se han descrito más de 5 000 especies. La *Eisenia foetida* o lombriz roja californiana es la más utilizada ya que se obtiene un abono de calidad comúnmente conocida como humus (Alcivar Llivicura, 2023).

Cabe considerar, por otra parte, que entre las restricciones significativas a tener en cuenta para no seleccionar esta alternativa de descomposición biológica de residuos orgánicos con la ayuda de lombrices encontramos:

9.1.4. Restricciones Biológicas:

- Las limitaciones de las especies de lombrices ya que solo algunas de ellas son aptas para el vermicompostaje sobresaliendo la lombriz roja californiana. Al igual que su reacción a cambios bruscos de temperatura, pH.
- Las condiciones ambientales como es el caso de la temperatura, la humedad requerida, el pH ideal, el oxígeno.

9.1.5. Restricciones de los residuos vegetales:

- Es importante que los residuos vegetales utilizados sean adecuados para el vermicompostaje. Por tanto, algunos residuos vegetales no son aptos por ser tratados con pesticidas o plaguicidas que pueden dañar a las lombrices, al igual que la cantidad y tamaño de los residuos introducidos al sistema de vermicompostaje.

9.1.6. Restricciones Legales y sanitarias:

- El sistema debe cumplir con las normas de emisiones de gases y olores, manejo de residuos orgánicos establecidas por las autoridades ambientales nacionales y locales.

- El sistema de vermicompostaje debe cumplir con las regulaciones para prevenir riesgos para la salud pública, lo mismo que las regulaciones de seguridad laboral de protección de los trabajadores.

9.1.7. Restricciones Técnicas:

- Tiempo de procesamiento: El vermicompostaje es un proceso lento que requiere un tiempo mínimo de 2-3 meses para procesar los residuos vegetales.
- Temperatura y humedad: El vermicompostaje requiere un rango específico de temperatura (15-25°C) y humedad (60-80%) para que las lombrices sean eficientes (Alcivar Llivicura, 2023).

9.1.8. Restricciones Económicas:

- El incremento del costo operativo, ya que se hace necesario una inversión en infraestructura para la colocación de las camas o lechos que deben reunir unas características específicas como no ser muy profundas, estar en un lugar ventilado, fresco, sombreado; también en el sistema de control ambiental y en un monitoreo constante.

9.1.9. Restricción de capacitación y conocimientos especializados:

- La implementación del vermicompostaje requiere capacitación y conocimientos especializados. Es vital contar con personal capacitado y experimentado en el manejo y operación del sistema para poder lograr el éxito deseado.

9.2. Biotecnología:

La biotecnología es un campo que utiliza los principios y herramientas de la biología molecular, la microbiología, la ingeniería genética entre otras disciplinas para abordar problemas ambientales. Su principal objetivo es promover la sostenibilidad, y para ello busca

soluciones innovadoras para proteger, restaurar y mejorar el medio ambiente. (Instituto Europeo de Química, física y Biología, 2023).

Así las cosas, la aplicación de tecnologías biológicas y bioquímicas para mejorar la producción, la generación de nutrientes para el suelo a partir de residuos vegetales provenientes del sector floricultor podría ser una solución a tener en cuenta para mitigar todos los impactos ambientales generados por esta actividad económica.

No cabe duda que los microorganismos y enzimas aportadas por la biotecnología son utilizadas para descomponer los residuos vegetales y liberar nutrientes que son utilizados por las plantas.

En el 2022, El ingeniero Kevin Tejada, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica, explica en el artículo La Biotecnología en los residuos agrícolas y agroindustriales cómo se pueden transformar residuos en productos de alto valor usando biotecnología, señalando la necesidad de soluciones basadas en biotecnología para aprovechar eficientemente potenciales fuentes de carbono que actualmente son considerados como desperdicios utilizando procesos químicos, físicos o enzimáticos.

Por todo lo anterior, al entrar a analizar los requerimientos funcionales de la biotecnología como:

- El sistema permitirá la transformación de residuos vegetales en nutrientes para el suelo.
- El sistema debe dejar monitorear factores como temperatura, humedad, pH, el control preciso del oxígeno.
- El sistema debe brindar beneficios como: mejorar la estructura, la fertilidad y la capacidad de retención de agua del suelo.
- El sistema debe convertirse en una tecnología sostenible.

Pero en contraste con las restricciones, no se convierte en una alternativa viable en vista que:

9.2.1. Restricciones técnicas:

- La implementación de técnicas de biotecnología puede ser costosa, especialmente para pequeñas fincas floricultoras.
- La complejidad de los sistemas biológicos.
- Los microorganismos y las enzimas son sensibles a las condiciones ambientales, lo que puede afectar su desempeño.

9.2.2. Restricciones legales:

- Se hace necesario cumplir con las regulaciones y permisos nacionales y locales para la aplicación de técnicas de biotecnología.

9.2.3. Restricciones ambientales:

- La tecnología biotecnológica debe cumplir con las regulaciones medio ambientales y la conservación de la biodiversidad.
- La aplicación incorrecta de técnicas de biotecnología puede tener un impacto negativo en la calidad del suelo y la productividad de las plantas.

9.2.4. Restricciones económicas:

- La producción de productos biotecnológicos puede ser costosa por requerir inversión en equipo y personal calificado.

9.3. Compostaje:

El compostaje al ser una estrategia enmarcada en la economía circular que procura mejorar la gestión de los residuos vegetales del sector floricultor a lo largo de su cadena de producción es la solución más adecuada y lógica realizando un análisis ambiental y

económico, por ser el Compostaje una alternativa sostenible de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vegetales y enriquecidos con microorganismos eficientes, mejoren las condiciones físicas y químicas del suelo; además de otorgar beneficios ambientales, sociales, económicos como lo establece los requerimientos funcionales consignados anteriormente.

Por otra parte, dentro de este marco y a pesar de las restricciones económicas, legales, técnicas, ambientales, sociales previamente expuestas, tal como reza en el proyecto; el beneficio de esta alternativa la hace 100% viable en especial por que no se enviaran estos residuos vegetales a los vertederos, ni habrá quemas indiscriminadas de los mismo, permitiendo reutilizar los nutrientes y la materia orgánica contenida en los residuos vegetales reduciendo el uso de fertilizantes químicos, mejorando la sostenibilidad y la competitividad del sector.

En este sentido y teniendo en cuenta la problemática originada por la gestión ineficiente de los grandes volúmenes de residuos vegetales de la flora, la implementación de un modelo de economía circular a través del compostaje es la solución número uno ya que los residuos orgánicos vegetales son un problema ambiental que requiere de una intervención efectiva e inmediata. Es por esto, que la alternativa del compostaje, permite reducir la cantidad y aprovechar el contenido nutricional de la fracción orgánica día a día, generando subproductos con alto valor agregado.

En conclusión, esta estrategia que está enmarcada en la economía verde (Vargas Pineda et al., 2020); mejorar la gestión de los residuos orgánicos, fomentando su reducción a lo largo de la cadena de suministros (cultivo, cosecha, pos cosecha).

Por último, el presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se realizará la medición de la calidad del compost obtenido de los residuos de la floricultura de

una finca de El Rosal, Cundinamarca, por medio de análisis de materiales orgánicos, realizado por un laboratorio externo, cuyo informe mostrará:

- Ph de la muestra
- Humedad
- Retención de humedad
- Relación carbono nitrógeno
- Fracción mineral: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Hierro y Magnesio.

Lo cual a su vez brindara datos numéricos sobre su composición y caracterización, permitiendo realizar un análisis objetivo sobre efectividad y calidad del producto.

Así mismo, el diseño planteado es de tipo descriptivo el cual busca describir y caracterizar el fenómeno comprendiendo y analizando la información de la técnica del compostaje sobre el aprovechamiento de los residuos vegetales provenientes del sector floricultor de El Rosal.

Para finalizar, el propósito del proyecto es lograr que los objetivos planteados, estén demarcados con los criterios SMART (específicos, medibles, alcanzables, realistas y a tiempo), para lograr una investigación clara, coherente y enfocada en el alcance de un producto sostenible y de alta calidad.

10. Análisis de resultados

Se realizó un análisis del compost obtenido en el laboratorio AGRILAB Servicios ambientales y agrícolas, el cual se puede detallar en el Anexo 1, obteniendo los siguientes resultados

- **pH de la muestra**

El resultado obtenido fue: 8.50 unidades de pH

Esto nos dice que el compost obtenido presenta un pH alcalino moderado. Dicho valor está dentro de los rangos de normalidad para materiales orgánicos compostados, se encuentra dentro del límite superior ya que un pH entre 6.5 y 8.5 es considerado óptimo para la mayoría de las aplicaciones agrícolas.

A nivel agronómico este pH favorece la disponibilidad de nutrientes como fósforo, molibdeno y gran parte de macronutrientes, aunque podría limitar ligeramente la disponibilidad de micronutrientes como hierro, manganeso y zinc.

- **Humedad**

El resultado obtenido fue: 38.8%

El contenido de humedad está en un rango adecuado para un compost maduro, dado que los valores típicos para un compost maduro oscilan entre 30-50%. El nivel de humedad obtenido indica que el producto está estabilizado y maduro, un menor riesgo de fermentación anaeróbica durante el almacenamiento, buena conservación del producto y fácil manejo y aplicación de este.

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

El resultado obtenido fue: 27.5 meq/100g

El valor de La CIC obtenida es excelente para un material orgánico, dado que los valores superiores a 20 meq/100g son considerados muy buenos por la alta capacidad de retención de nutrientes, mejoramiento significativo de la fertilidad del suelo y reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación.

Frente al promedio este valor es superior al de muchos compost, que oscilan entre 5-15 meq/100g, indicador que es un material orgánico de alta calidad.

- **Carbono orgánico oxidable**

El resultado obtenido fue: 13.0%

El contenido de carbono orgánico es satisfactorio para un compost maduro, lo que a su vez indica una buena estabilidad del material, con un valor de referencia entre 10-20%. Esto es un aporte significativo de materia orgánica al suelo mejorando la actividad biológica de este.

Se encontró una relación C/N de 16 lo que indica un balance adecuado entre carbono y nitrógeno, señal de un compost estabilizado

- **Nitrógeno total**

El resultado obtenido fue: 0.796%

Según el análisis el contenido de nitrógeno está en el rango bajo-medio para compost. Considerando que posee un contenido moderado frente a otros materiales orgánicos, posee

una forma orgánica estable y liberación gradual proporcionando nutrición sostenida a largo plazo.

Sin embargo, podría beneficiarse de la adición de materiales ricos en nitrógeno durante el compostaje para una mayor concentración.

- **Fósforo total**

El resultado obtenido fue: 0.471%

Según el análisis realizado el contenido de fósforo es adecuado para el compost. Posee un nivel medio por lo que aporta fósforo suficiente para el crecimiento vegetal y el desarrollo radicular y floración.

- **Potasio total**

El resultado obtenido fue: 1.55%

Según el análisis realizado el contenido de potasio es excelente, siendo el macronutriente más abundante en el compost. Este nivel de potasio es significativamente superior a muchos materiales orgánicos, esto trae beneficios especialmente para cultivos de flores, ya que es para la calidad de flores y su resistencia a enfermedades, también mejora la eficiencia del uso del agua en las plantas.

- **Calcio total**

El resultado obtenido fue: 0.967% (expresado como CaO)

Según el análisis realizado el contenido de calcio es bueno ya que contribuye a mejora la agregación y estabilidad, para la nutrición vegetal es esencial para la creación de pared celular y crecimiento, así mismo ayuda a mantener condiciones alcalinas del suelo.

- **Magnesio total**

El resultado obtenido fue: 0.421% (expresado como MgO)

Según el análisis realizado el contenido de magnesio es adecuado, este mineral es esencial para fotosíntesis e importante para múltiples procesos metabólicos por la activación enzimática.

- **Hierro total**

El resultado obtenido fue: 0.519%

Según el análisis realizado el contenido de hierro es excelente en el compost, el valor de 5,190 mg/kg, es muy superior a requerimientos típicos. Esto previene déficit especialmente en suelos calcáreos, adicionalmente es esencial para la síntesis de clorofila, aunque no es un componente directo para su formación.

- **Zinc total**

El resultado obtenido fue: 97.6 mg/kg

Según el análisis realizado el contenido de zinc es muy bueno, encontrándose dentro del rango deseable para materiales orgánicos (50-200 mg/kg), esto es importante para múltiples

procesos metabólicos y esencial para elongación de entrenudos y desarrollo foliar de las plantas.

- **Boro total**

El resultado obtenido fue: 26.3 mg/kg

Según el análisis realizado el contenido de boro es adecuado, encontrándose dentro del rango normal para compost (10-80 mg/kg). El boro es fundamental para la estructura celular en la formación de la pared celular, y para los cultivos de flores es especialmente importante por su calidad floral y fructificación.

Grosso modo y realizando una evaluación general del compost se identificaron fortalezas como el excelente CIC garantiza buena retención de nutrientes, alto contenido de potasio, buen aporte de micronutrientes especialmente hierro y zinc, humedad adecuada dando un producto estable y manejable y una relación C/N equilibrada.

En general nuestro compost presenta una calidad superior y es beneficioso para la floricultura. Además, tiene una textura suelta y granuloso, no gotea, tiene olor a tierra fresca y un color marrón oscuro.

11. Análisis de costo

Para la solución de la propuesta con base al compostaje enriquecido con los microorganismos eficientes puede representar una alternativa viable económicamente para él un buen manejo sostenible de los residuos vegetales generados en la finca el Rosal. A continuación, se detallará los costes necesarios para poder implementar estos beneficios económicos:

Tabla 3: Costos estimados para llevar a cabo la solución

Concepto	Detalle	Valor estimado (COP)
Infraestructura básica	Adecuación de zona de acopio, techado, piso impermeabilizado	\$ 5.000.000
Equipos	Trituradora, volteadora manual, termómetro y medidor de humedad	\$ 8.000.000
Mano de obra operativa (2 personas / mes)	Salario mínimo + prestaciones x 2 trabajadores	\$ 2.800.000
Microorganismos eficientes (EMs)	Estimado por Lt	\$15.000 x 20 lts = \$300.000
Elementos de protección (EPP)	Guantes, tapabocas, botas, overoles	\$ 500.000
Capacitación inicial	Formación técnica en compostaje	\$ 1.000.000
Análisis de calidad del compost	Laboratorio externo	\$ 600.000
Gastos administrativos iniciales	Logística, papelería, permisos	\$ 1.000.000
Total, estimado inversión inicial		\$ 19.200.000

Nota: Los valores son aproximaciones con base en precios de mercado colombiano al 2025. Se excluye el IVA.

La implementación del compostaje enriquecido con microorganismos eficientes no solo representa una solución ambientalmente responsable, sino también una estrategia económicamente viable para el sector floricultor del municipio de El Rosal. Diversas

investigaciones han evidenciado que esta práctica mejora significativamente las condiciones del suelo, reduce la necesidad de insumos químicos y eleva la calidad del producto final. En este sentido, estudios como el de Vargas y Torres (2022) muestran incrementos en la biomasa y la vida útil de las flores tratadas con compost, lo que se traduce en ventajas competitivas en el mercado.

Tabla 4: Costos fijos mensuales

Concepto	Detalle	Valor mensual (COP)
Mano de obra	2 personas	\$ 2.800.000
EMs	20 litros mensuales	\$ 300.000
Servicios públicos (agua/luz)	Estimado base	\$ 200.000
Mantenimiento equipos	Lubricación, reparación menor	\$ 100.000
Total, costos fijos mensuales		\$ 3.400.000

En la tabla 4 se ha identificado un costo fijo mensual aproximado de \$3.400.000 COP, que comprende: mano de obra operativa (\$2.800.000), adquisición mensual de microorganismos eficientes (\$300.000), servicios públicos (\$200.000) y mantenimiento de equipos (\$100.000). A este valor se suma un costo anual de \$600.000 COP destinado a la realización de análisis de calidad del compost en laboratorio externo, con el fin de asegurar su composición, estabilidad y efectividad como fertilizante.

Tabla 5: Beneficios

Beneficio	Descripción
Reducción de fertilizantes químicos	Ahorros hasta \$1.500.000 por hectárea
Valorización del residuo (venta de compost)	Venta entre \$200 a \$400 por kilo
Disminución en costos de disposición de residuos	Ahorros \$500.000 a \$1.000.000 mensuales
Acceso a incentivos y certificaciones	Beneficios tributarios y créditos verdes

Este modelo productivo genera beneficios mensuales que pueden superar aproximadamente \$3 millones, gracias a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos, la valorización de los

residuos orgánicos como insumo transformado y la disminución de gastos relacionados con la disposición inadecuada de residuos vegetales. En función de estos factores, el proyecto tiene una alta probabilidad de alcanzar su punto de equilibrio en un plazo menor a 8 meses, siempre que se optimicen los procesos operativos y se active una estrategia de comercialización del compost producido.

12. Conclusiones

Identificación de los residuos orgánicos en los cultivos de flores y su impacto ambiental:

En los cultivos de flores, se generan predominantemente residuos vegetales como tallos, hojas, flores en descomposición y restos de poda. Estos residuos, si no se gestionan adecuadamente, pueden generar problemas ambientales como la emisión de gases contaminantes, proliferación de vectores biológicos y contaminación del suelo y agua. La correcta identificación y clasificación de estos residuos permite establecer estrategias más eficientes para su aprovechamiento, en lugar de recurrir a su eliminación mediante quema o disposición en vertederos.

Evaluación de técnicas actuales de manejo de residuos en el sector floricultor:

A partir de la revisión de literatura, se evidenció que el compostaje es una de las técnicas más utilizadas en el sector floricultor para el manejo de residuos orgánicos, debido a su capacidad para transformar materia orgánica en un insumo útil para el suelo. Sin embargo, su aplicación muchas veces es limitada por la falta de conocimiento técnico, tiempos prolongados de maduración del compost, y deficiencias en la recolección y separación adecuada de los residuos. Esto resalta la importancia de fortalecer la capacitación y mejorar los procesos de gestión interna.

Estrategia de reincorporación con microorganismos eficientes (ME):

La adición de microorganismos eficientes al proceso de compostaje mejora significativamente la velocidad de descomposición, la calidad del compost producido y la reducción de olores. Esta estrategia no solo optimiza el proceso de reciclaje de residuos orgánicos vegetales, sino que también permite reincorporar nutrientes al suelo de forma más efectiva, mejorando la estructura y fertilidad del mismo. Su implementación representa una solución práctica y sostenible que minimiza el impacto ambiental del manejo tradicional de residuos.

Beneficios en relación con los ODS:

La implementación del compostaje, especialmente con el uso de microorganismos eficientes, genera beneficios ambientales como la reducción de residuos sólidos, mitigación de gases de efecto invernadero y regeneración del suelo. Socialmente, fomenta una cultura de sostenibilidad dentro del sector floricultor, generando conciencia y oportunidades de capacitación para los trabajadores. En lo económico, permite reducir costos en fertilizantes y mejorar la productividad agrícola. Estas acciones se alinean directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente los ODS 12 (Producción y consumo responsables), 13 (Acción por el clima) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

13. Referencias

Alcaldía Municipal de El Rosal . (2019). Informe de Gestión Alcaldía Municipal de El Rosal 2016-2019. El Rosal : Alcaldía Municipal de El Rosal .

Alcaldía Municipio el Rosal, Cundinamarca. (2021, 18 de mayo). *ALCALDIA EL ROSAL DIAGNÓSTICO PLAN DE DESARROLLO 2020-2023*. GOV.CO.

https://elrosalcundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/elrosalcundinamarca/content/files/000803/40135_diagnostico-el-rosal-mayo-112020.pdf

Secretaria de planeación Bogotá. (2022). *EL ROSAL EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS ODS* (pp. 1–34). https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/boletin_el_rosal_cumplimiento_ods.pdf

Díaz Fuentes, K., & Benítez Gonzáles, H. R. (2023). Microorganismos eficientes, mecanismo, formas de acción y aplicaciones en la ganadería. *Revista Veterinaria Argentina*, 40(417). <https://www.veterinariargentina.com/revista/2023/01/microorganismos-eficientes-mecanismo-formas-de-accion-y-aplicaciones-en-la-ganaderia/>

Castillo Huaman, L. C. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo. In *Repositorio Institucional Continental* (pp. 1–130). https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

Garzón Marín, I. (2020). Efecto de la adición de compost de flores sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. In *Universidad Nacional de Colombia* (pp. 1–91). <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78164/11442928.2020.pdf?sequence=1>

Chaparro Montoya, E. E., Vera Alcázar, M. M., Herrera Córdova, F. B., & Barahona Sánchez, J. C. (2020). Utilización de microorganismos eficientes para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. *Sincretismo - Revista de Divulgación Científica*, 01(001), 1–4.

Gómez Moreno, M., Guerra Gómez, M. F., Serna Obando, S., & Tobón Marín, R. (2022). Desarrollo de un material sostenible a partir de residuos agroindustriales de la producción de hortensias, para su implementación en el empaqueo de flores. *Upb.edu.co*, 1–22.
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/11600>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020, 16 de diciembre). *Sector floricultor le apuesta a la economía circular*. Minambiente.gov.co.
<https://www.minambiente.gov.co/sector-floricultor-le-apuesta-a-la-economia-circular/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, 17 de mayo). *Hoy no se habla de basura, sino de residuos que son insumos para productos: Minambiente*.
Minambiente.gov.co. <https://www.minambiente.gov.co/hoy-no-se-habla-de-basura-sino-de-residuos-que-son-insumos-para-productos-minambiente/>

Castro-Hernández, F., Navarro-Flores, J. R., & Castro-Barquero, L. (2023). Adición de inóculos microbianos y condiciones optimizadas de elaboración en un compost comercial. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 23–46. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i2.56130>

Mesa Reinaldo, J. R. (2020). Microorganismos Eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agro ecosistemas*, 8 (2), 102-109.

Fernández-Rodríguez, J. P., Álvarez-Herrera, J. G., & Jaime-Guerrero, M. (2024). Propiedades físicas de un suelo sometido a la aplicación de diferentes cantidades de materia orgánica de escarabajo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 27(2), 1–9. <https://doi.org/10.31910/rudca.v27.n2.2024.2561>

Mendoza Intriago, D. A., Mero Rosado, V. F., & Alcívar Arteaga, B. R. (2024). Influencia del humus de lombriz en la calidad de los suelos agrícolas: un estudio de caso. *Revista Didáctica Y Educación*, 15(3), 1–17. issn: 2224-2643

Carvajal Pinilla, L. A., Escobar Alarcón, A. A., Avellaneda Cortez, E. F., & Goyeneche Polanía, O. A. (2023). BIOGÁS DESDE RESIDUOS ORGÁNICOS VEGETALES. *Corporación Universitaria Del Huila (CORHUILA)*, 1–22. <https://doi.org/ISBN%20digital:%20978-628-95739-7-8>

Gestión de residuos sólidos y economía circular . (2025, 20 de enero). Universidad Internacional de Andalucía. <https://www.unia.es/vida-universitaria/blog/gestion-de-residuos-solidos-y-economia-circular>

Muñoz Rodríguez, S., Peña Montaña, I. V., & Zamora Leal, V. (2023). Metodologías Innovadoras para el Aprovechamiento de Residuos en Colombia. In *Repositorio institucional, Universidad EAN* (pp. 1–70). <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/23efa4e5-f277-400e-b249-1da120235c05/content>

IEQFB. (2023, 2 de noviembre). *¿Qué Es la Biotecnología Ambiental y Qué Hace?* Instituto Europeo de Química, Física Y Biología. <https://ieqfb.com/biotecnologia-ambiental-que-hace-ejemplos/>

Velasquez Huacho, G. I. (2024). Uso de microorganismos eficientes y su impacto térmico en el compostaje de residuos orgánicos. *Scienceevolution*, 4(12), 100–106.

<https://doi.org/10.61325/ser.v4i12.131>

Organización de las Naciones Unidas. (2023, 8 de agosto). *¿En qué consiste el desarrollo sostenible?* NACIONES UNIDAS.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>

Gutierrez, Mario. O. (2005). *Plan de gestión y manejo de residuos sólidos producto de un cultivo de flores*. Obtenido de Repositorio Universidad del Bosque.

<https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/49191a8a-a28b-4d41-82b9-531b4eb08bd1/content>

Luz Cardenas, & Maria Rodriguez, M. (Octubre 2011). *Estudio de la agroindustria de las flores en Colombia de una empresa productora de flores*. Obtenido de Repositorio, Universidad de la Sabana.

https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/1688/Luz_Marina_C_rdenas_Po_veda.pdf?sequence=1

Emmanuela Santos, (Abril 2021). *Aprovechamiento de los residuos generados en la industria de la floricultura para la producción*. Obtenido de Repositorio Universidad Tadeo

lozano.

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/22274/aprovechamiento%20de%20los%20residuos%20generados%20en%20la%20industria%20de%20la%20floricultura%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20etanol%20y%20furfural.pdf?isallowed=y&sequ>

Marín Ian Gabriel. (2020). Compostaje de flores, una práctica nutritiva para los suelos.

AgroNet Noticias. Obtenido en <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Compostaje-de-flores,-una-pr%C3%A1ctica-nutritiva-para-los-suelos.aspx>

Aguilar Llerena, M. M. (2015). Aplicación de EMs para la producción de compost a partir de desechos sólidos. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. Obtenido en

<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e9dc0bb5-091f-4228-a4d3-d2c369798579/content>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022). Plan de metas climáticas de

Colombia. Obtenido en <https://www.minambiente.gov.co/aprobado-un-plan-que-ayudara-a-obtener-las-metas-climaticas-de-colombia/>

Cadena Forero Diana Marcela, (2021). Implementación de la economía circular en la

floricultura colombiana: un estudio de caso en Cundinamarca. Revista de Economía Circular,

5(3), 45-60. Repositorio Universidad de la Sabana obtenido en

<https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/51342>

Vargas Oscar & Torres Marco (2022). Evaluación del uso de compost de residuos florales en la producción de flores de corte. *Horticultura Internacional*, 30(3), 200-210. Obtenido en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092019000200123

Universidad Nacional de Colombia. (2023). Mejores cultivos de girasol gracias a compostaje de residuos de flores. Agencia de Noticias UNAL. Obtenido en <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/mejores-cultivos-de-girasol-gracias-a-compostaje-de-residuos-de-flores>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales (FAO). Obtenido en <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/158f38e2-86ef-47a9-aa3e-21be6fe6bd28/content>

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Taxonomía de finanzas sostenibles costa rica (UNEPFI). Obtenido en <https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2024/08/Taxonomia-de-Finanzas-Sostenibles-de-Costa-Rica.pdf>

Universidad de Wageningen, Países Bajos (2021). Reducción del desperdicio de alimentos por parte de los consumidores mediante tecnologías ecológicas y digitales (UNEP). obtenido en <https://unepccc.org/wp-content/uploads/2022/04/spanish-version-unep-food-waste-report-2021-final.pdf>

Congreso de la República de Colombia. (2020). *Ley 2041 de 2020*. Por medio de la cual se garantiza el derecho de las personas a desarrollarse física e intelectualmente en un ambiente libre de plomo, fijando límites para su contenido en productos comercializados en el país y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=159966>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Resolución 2184 de 2019*. Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. Recuperado de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional>

Congreso de la República de Colombia. (2023). *Ley 2294 de 2023*. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida". Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). *Documento CONPES 3934: Política de Crecimiento Verde*. Departamento Nacional de Planeación. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Lineamientos para la gestión de residuos agropecuarios*

Alcaldía Municipal de El Rosal. (2021). *Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)*. El Rosal - Cundinamarca. Recuperado de <https://www.elrosal-cundinamarca.gov.co/contrataciones/cm-0212021-actualizacion-del-plan-de-gestion-integral>

Gobernación de Cundinamarca. (s.f.). *Residuos sólidos – Secretaría de Ambiente*. Recuperado el [fecha de consulta], de <https://www.cundinamarca.gov.co/dependencias/secambiente/proyectos-estrategicos/residuos-solidos>

Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia* (Artículos 79 y 80). Recuperado de <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-ii/capitulo-3>

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 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*. Diario Oficial No. 41.146. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Icontec. (2015). *NTC-ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso* (3ª ed.). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).

Alcívar Llivicura, M. F. (2023). Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *JOURNAL of SCIENCE and RESEARCH*, 8(4), 1–11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10002029>

Tejada, K. (2022, May 19). *La biotecnología en los residuos agrícolas y agroindustriales*. Universidad Católica de Santa María . <https://www2.ucsm.edu.pe/la-biotecnologia-en-los-residuos-agricolas-y-agroindustriales/>

Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2020). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *ORINOQUIA*, 23(2), 123–129. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>

Makarenko Nataliia & Budak Oleg, (2017). Waste management in Ukraine: Municipal solid waste landfills and their impact on rural áreas. Obtenido en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1512188717300209>

Bautista Vanegas Luisa Fernanda, (2005). Identificación de Impactos Ambientales de Proceso de Compostaje de materiales Orgánicos del Sector Floricultor. Obtenido de Universidad de los andes: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/bad9ec58-2207-4712-a99b-2de434467a93/content>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (16 de diciembre de 2014). Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emision_esmosfericas_contaminantes/Resoluci%C3%B3n_2087_de_2014_Protocolo_Olores_Ofensivos.pdf

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2015) Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de. Olores Ofensivos Bogotá, Colombia. https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/Consulta_Publica/Protocolo_para20_Monitoreo_Control_y_Vigilancia_de_Olores_Ofensivos.pdf. p. 23.

Zuleta Luis Alberto. (2016) Inclusión financiera de la pequeña y mediana empresa en Colombia. CEPAL, obtenido de

https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/documento_-_inclusion_financiera_de_la_pequena_y_mediana_empresa_en_colombia_-_luis_alberto_zuleta.pdf

Minagricultura.gov.co (2025). Obtenido de

https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Proyectos%20Normativos/A%C3%91O%20NACIONAL%20REFORMA%20AGRARIA.pdf?utm_source=chatgpt.com

López Cáliz, J. R., & Meisel, A. (2022). Trade Policy and Growth in Colombia. ScienceDirect. DOI: 10.1016/j.worlddev.2022.105833

DNP (2021). Política Comercial y Productividad en Colombia. Departamento Nacional de Planeación. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-internacionalizacion/Documents/Notas_politica_Espanol/Revision_de_la_productividad_en_las_empresas_en_Colombia.pdf

Banco de la Republica (1996). Incertidumbre económica e inversión privada en Colombia. obtenido en <https://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra056.pdf>

Ministerio de industria comercio y turismos (2010). Decreto 3930 de 2010. Obtenido en <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/decretos/decreto-3930-de-2010.aspx>

Autoridad nacional de licencia ambientales (2023). Permiso de Vertimientos de Aguas Residuales. Obtenido de https://www.anla.gov.co/01_anla/permiso-y-autorizacion-vertimiento-aguas-residuales

Ministerio de Ambiente (1993). Ley 99 De 1993. Obtenido en <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Secretaria Distrital de planeación (2021), POT. Obtenido en <https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/que-es#:~:text=ABC%20del%20POT-,%C2%BFQu%C3%A9%20es?,per%C3%ADmetros%20de%20las%20zonas%20protegidas.>

Función Pública EVA (2015). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Obtenido en <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Yadav, A., & Garg, V. K. (2016). Vermicomposting—A potential technology for organic waste management. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(7), 2233–2250. Obtenido en <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1021-7>

Sinha, R. K., Bharambe, G., & Chaudhari, U. (2008). Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: A low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, 28(4), 409–420.

Obtenido en <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9152-y>

Vargas, O., & Torres, M. (2022). Evaluación del uso de compost de residuos florales en la producción de flores de corte. *Horticultura Internacional*, 30(3), 200–210. Obtenido en

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092019000200123

14. Anexos

Anexo 1.

Análisis de laboratorio del compost.

ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIALES ORGÁNICOS
Informe N° 03043-V1-2025

N° de Laboratorio

AMO-00117-2025

Información del Cliente

Remitente	GRUPO 3 - PROYECTO DE INTEGRACIÓN	Responsable	Grupo 3 - Proyecto de integración
Propietario	GRUPO 3 - PROYECTO DE INTEGRACIÓN	Email contacto	pedroajimenez20nov@gmail.com
Fecha Ingreso	02-05-2025	Fecha Emisión	23-05-2025

Información de la Muestra Suministrada por el cliente

Identificación Suministrada	COMPOSTERA 1	Lote / Bloque	
Fuente del Material / Inf. Adicional	NINGUNA	Contrato N°	
Descripción Física	SÓLIDO CAFÉ	Condiciones recepción	CONFORME

CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS SÓLIDOS

Variable	Expresión / Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Documento Normativo
Humedad	N.A.	38.8	%	40 y 70 °C / Gravimetría / NTC 5167 (r)
pH en pasta de saturación	pH	8.50	Unidades de pH	Pasta de saturación / Potenciométrico / NTC 5167 (r)
Conductividad Eléctrica	CE	4.38	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / NTC 5167 (r)
Retención de Humedad	Ret. Hum.	86.8	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / NTC 5167 (r)
Cenizas	N.A.	32.3	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167 (r)
Perdidas por Volatilización	N.A.	28.9	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167 (r)
Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	CIC	27.5	meq/100g	Acetato de amonio / Volumétrico / NTC 5167 (r)
Densidad Real (en base seca)	N.A.	0.568	g/cm ³	Directo / Gravimétrico / NTC 5167 (r)
Carbono Orgánico Oxidable Total	COOx	13.0	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5167 (r)
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	16	Adimensional	Relación matemática

CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL

Nitrógeno Total	NT	0.796	%	Sumatoria de Especies de Nitrógeno requeridas por el cliente
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	0.796	%	Micro-Kjeldahl / Volumetría / NTC 5167-NTC 370 (r)
Fósforo total	P ₂ O ₅	0.471	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Colorimetría / NTC 234 (r)
Potasio Total	K ₂ O	1.55	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - NTC 202 (r)
Calcio total	CaO	0.967	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - EPA7000B (r)
Magnesio total	MgO	0.421	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - EPA7000B (r)
Azufre total	S	0.091	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Turbidimetría / NTC 5167 - IGAC(1982) -NTC 1154 (r)
Hierro total	Fe	0.519	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - EPA7000B (r)
Manganeso total	Mn	147	mg/kg	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - EPA7000B (r)
Cobre Total	Cu	19.2	mg/kg	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - EPA7000B (r)

CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL				
Zinc Total	Zn	97.6	mg/kg	MVH Ác. Nítrico:Ác. Perclórico / EAA / NTC 5167 - EPA7000B (r)
Boro total	B	26.3	mg/kg	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Colorimétrico / NTC 5167 - NTC 1860 (r)
Sodio Total	Na	0.098	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EEA / NTC 5167 - NTC 1146 -EPA 7000B (r)
Silicio total	SiO ₂	18.2	%	MVH HF / EAA / NTC 5167 (r)
Residuo Insoluble en Ácido	N.A.	24.7	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Gravimétrico / NTC 5167
Observaciones a los resultados:		Convenciones:		
NINGUNO		N.R. No registra / N.A. No Aplica / Sin. Solución / N.S. No Suministrada / N.D.No Detectado / MVH Mineralización Vía Húmeda / M.I. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopía de Absorción Atómica / EEA Espectroscopía de Emisión Atómica / ICP-OES Espectroscopía de Emisión Óptica de plasma acoplado inductivamente / EAM Extracción Asistida con Microondas		

---- Fin del Reporte de Resultados Analíticos ----

Autorizado por:

Revisado por:



Edna Alejandra Ariza

Director Técnico Operativo - Química - PQ 3081



David Ruiz

Coordinador de Área (E)-Químico-PQ-05720

---- Fin del Informe ----

Notas:

PARA MUESTRAS SÓLIDAS LOS RESULTADOS CONSIGNADOS EN EL PRESENTE INFORME ESTÁN EXPRESADOS EN BASE HÚMEDA

1. El presente informe registra fielmente los resultados de las variables solicitadas por el cliente y corresponden exclusivamente a la muestra enviada y analizada en las fechas indicadas.
2. El informe solo tiene validez si está firmado por el personal autorizado por AGRILAB LABORATORIOS S.A.S.
3. La información contenida en este informe es de carácter confidencial, por lo cual su reproducción total o parcial, sólo podrá ser hecha con autorización expresa de AGRILAB LABORATORIOS SAS o por el cliente propietario del mismo.
4. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión del presente informe de resultados.
5. AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. no presta los servicios de muestreo en campo, por lo tanto la idoneidad y representatividad de la muestra analizada y por ende de sus resultados, es responsabilidad del remitente de la misma.
6. En el caso de análisis subcontratados, AGRILAB LABORATORIOS S.A.S. es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, siempre y cuando este halla sido aprobado y contratado por el laboratorio y aceptado por el cliente.
7. La verificación de resultados mediante ensayos de laboratorio, se realizará máximo 15 días hábiles luego de emitido el presente informe de resultados, siempre y cuando las condiciones de estabilidad del analito en la muestra permitan su reproducibilidad.
8. En Agrilab estamos interesados en la satisfacción de nuestros clientes. Para conocer sus Peticiones, Quejas, Reclamos o Sugerencias (PQRS) sobre los resultados emitidos y/o los servicios prestados, hemos dispuesto el siguiente correo electrónico: servicioalcliente@agrilab.com.co, por favor comuníquese con nosotros a través de este medio y con gusto le brindaremos una respuesta clara y oportuna a su solicitud.
9. Los métodos analíticos empleados para realizar las determinaciones, están clasificados de acuerdo con su reconocimiento como análisis ACREDITADOS (a), REGISTRADOS ANTE EL ICA (r) o subcontratados (s). Esta clasificación se puede observar en la columna: Extractante/ Técnica/Documento Normativo.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
Calle 79B N° 70-16 Bogotá, D.C. PBX: 7454697 / 223 1999
Para Peticiones, Quejas, Reclamos y/o Sugerencias comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co