



**Modelo de optimización logística integral mediante redes geolocalizadas y  
monitoreo de colmenas para New Ecology SAS**

David Santiago Palomares Gutiérrez

Zaida Alexandra Silva Pecha

Universidad Ean

Facultad

Maestría en proyectos de desarrollo sostenible

Maestría en Gerencia en la cadena de abastecimiento

Bogotá, Colombia

31 de marzo de 2025

**Modelo de optimización logística integral mediante redes geolocalizadas y  
monitoreo de colmenas para New Ecology SAS**

David Santiago Palomares Gutiérrez

Zaida Alexandra Silva Pecha

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en Gerencia en la Cadena de Abastecimiento**

**Magister en Proyectos de Desarrollo Sostenible**

Director:

Alexander Pérez García

Modalidad:

**Trabajo Dirigido**

Universidad Ean

Facultad

Programa

Bogotá, Colombia

30/03/2025

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

*A mi esposa y mi familia, por su paciencia  
y motivación inquebrantables en estos  
años, especialmente cuando pensé que  
renderme era la mejor opción.*

Santiago Palomares

*A mi familia por acompañarme siempre y  
enseñarme el valor de trabajar por  
nuestros sueños.*

Zaida Silva

### **Agradecimientos**

A la compañía New Ecology, especialmente a Claudia García por su colaboración y apoyo en la recolección de información primaria y en la retroalimentación al trabajo realizado. Al profesor Alexander García por su valiosa asesoría.

## Resumen

Este trabajo tuvo el objetivo de realizar el diseño de un modelo de optimización logística integral para la empresa New Ecology, con el fin de optimizar los costos y tiempos en su servicio de polinización dirigida en cultivos frutales. El trabajo parte de la base de la importancia de los servicios de polinización para la supervivencia de la humanidad y los desafíos que enfrenta la empresa en la optimización de sus costos logísticos y operativos. El propósito principal es diseñar una herramienta que permita a la empresa mejorar la eficiencia en la asignación de recursos, reducir costos y tiempos para así poder ser más competitiva y poder, en el corto plazo, posicionarse en el mercado.

La metodología empleada combina un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la cadena de suministro de la compañía, se compararon modelos teóricos que conllevan a las empresas a tener buenas prácticas de gestión, y se estructuró un plan de implementación del modelo diseñado. Se utilizaron herramientas como el análisis PESTEL, las cinco fuerzas de Porter, y encuestas estructuradas para recopilar y analizar datos.

Los principales resultados incluyen el diseño de un modelo de optimización logística basado en el *Vehicle Routing Problem (VRP)*, teniendo en cuenta que en este caso los vehículos son los proveedores de servicio técnico, que permite optimizar la asignación de rutas de entrega, reducir costos logísticos y mejorar la eficiencia operacional. La implementación del modelo demostró una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del transporte, contribuyendo a la sostenibilidad del servicio.

Las conclusiones destacan la importancia de la optimización logística para mejorar la eficiencia y competitividad de la empresa, así como la necesidad de integrar principios de sostenibilidad en la gestión de la cadena de suministro. Se recomienda a la

empresa fortalecer la planificación estratégica, implementar tecnologías de monitoreo de colmenas para un mejor seguimiento que brinde valor agregado a sus clientes, y desarrollar un sistema de información integrado para la gestión eficiente de la cadena de suministro partiendo de la base, variables y datos que puede brindar el modelo diseñado.

**Palabras clave:** Optimización logística, enrutamiento, cadena de suministro, VRP, colmenas, sostenibilidad, eficiencia operativa.

## **Abstract**

This work aimed to design a comprehensive logistics optimization model for New Ecology, with the purpose of optimizing costs and times in its directed pollination service for fruit crops. The work is based on the importance of pollination services for human survival and the challenges the company faces in optimizing its logistical and operational costs in the planning and delivery of its beehive monitoring services. The primary objective is to design a tool that allows the company to improve efficiency in resource allocation, reduce costs and times, and thus become more competitive and potentially position itself in the market in the future.

The methodology employed combines a qualitative and quantitative approach. A diagnosis of the current supply chain situation was conducted to derive relevant conclusions about the company's pain points for the model design. Theoretical models that lead companies to good management practices were compared, and an implementation plan for the designed model was structured. Tools such as PESTEL analysis, Porter's five forces, and structured surveys were used to collect and analyze data.

The main results include the design of a logistics optimization model based on the Vehicle Routing Problem (VRP), but considering that in this case, the vehicles are the technical service providers. This model allows for optimizing delivery route assignments, reducing logistical costs, and improving operational efficiency. The model's implementation also demonstrated a significant reduction in CO2 emissions from transportation, contributing to the service's sustainability.

The conclusions highlight the importance of logistics optimization in improving the company's efficiency and competitiveness, as well as the need to integrate sustainability principles into supply chain management. It is recommended that the company strengthen

strategic planning, implement beehive monitoring technologies for better tracking that provides added value to its customers, and develop an integrated information system for efficient supply chain management, based on the data, variables, and information provided by the designed model.

**Keywords:** Logistics optimization, routing, supply chain, VRP, hives, sustainability, operational hives.

## Contenido

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>12</b>
<b>Lista de Tablas</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>15</b>
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>3. Justificación</b> .....	<b>16</b>
<b>4. Marco Institucional</b> .....	<b>19</b>
4.1 Presentación general la empresa .....	19
4.2 Referentes estratégicos .....	20
4.3 Estructura organizacional .....	20
4.4 Productos o servicios ofertados .....	21
4.5 Análisis del sector.....	22
<b>5. Marco de Referencia</b> .....	<b>25</b>
5.1 Definición de Logística.....	26
5.2 Modelos de optimización logística .....	27
5.3 Aplicabilidad de los modelos a la cadena de suministro de servicios de polinización .....	32
5.4 Sistema de monitoreo de colmenas .....	34
<b>6. Diseño Metodológico</b> .....	<b>37</b>
6.1 Tipo de investigación .....	37
6.2 Análisis externo e interno.....	37
6.3 Análisis interno .....	38
6.4 Población, muestra y ficha técnica.....	39
6.5 Identificación de las variables .....	41
6.6 Instrumento de medición.....	43
6.7 Validación del instrumento de medición .....	43

Modelo de optimización logística integral mediante redes geolocalizadas y monitoreo de colmenas para New Ecology SAS	11
<b>7. Diagnóstico Organizacional .....</b>	<b>47</b>
7.1 Análisis externo .....	48
7.1.1 Análisis PESTEL .....	48
7.1.2 Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter .....	50
7.2 Análisis interno .....	51
7.2.1 Análisis de encuestas y entrevistas semiestructuradas. ....	51
7.2.2 Cadena de suministro de New Ecology .....	53
<b>8. Plan de Intervención .....</b>	<b>56</b>
8.1 Análisis de modelos teóricos y buenas prácticas de gestión de la cadena de suministro .....	56
8.2 Diseño del Modelo.....	58
8.2.1 Propuesta.....	59
8.2.2 Generación de datos .....	60
8.2.3 Diseño del Algoritmo de optimización.....	61
8.2.3.1 Función objetivo .....	61
8.2.3.2 Restricciones del modelo.....	62
8.2.3.3 Selección de la metaheurísticas de resolución .....	64
8.2.3.4 Supuestos a tener en consideración .....	65
8.2.4 Resultados .....	65
8.2.5 Consideraciones de implementación.....	68
8.2.6 Plan de Implementación.....	68
8.3 Integración de los principios de sostenibilidad en la optimización logística del servicio de polinización dirigida.....	69
<b>9. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>73</b>
Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	74
<b>10. Referencias.....</b>	<b>76</b>

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Estructura organizacional de New Ecology. ....	<b>21</b>
<b>Figura 2.</b> Portafolio de productos y servicios de New Ecology. ....	<b>22</b>
<b>Figura 3.</b> Estructura de costos logísticos.....	<b>26</b>
<b>Figura 4.</b> Pasos principales del proceso de diseño de la red logística y la cadena de suministro.....	<b>32</b>
<b>Figura 5.</b> Sensor Smarthive instalado en una colmena estándar.....	<b>35</b>
<b>Figura 6.</b> Interfaz de integración GPS tracker y sensores en la aplicación desarrollada por BeeHero.....	<b>36</b>
<b>Figura 7.</b> Análisis PESTEL. ....	<b>48</b>
<b>Figura 8.</b> Análisis Cinco Fuerzas de Porter .....	<b>50</b>
<b>Figura 9.</b> Resultados de encuestas análisis interno de New Ecology SAS.....	<b>52</b>
<b>Figura 10.</b> Macroprocesos de la cadena de suministro en New Ecology SAS.....	<b>54</b>

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Categorías de toma de decisiones en optimización logística de acuerdo con el horizonte temporal. ....	<b>29</b>
<b>Tabla 2.</b> Acciones a realizar en cada una de las etapas de diseño de la nueva red logística para la prestación del servicio de polinización dirigida.....	<b>33</b>
<b>Tabla 3.</b> Ficha técnica del estudio. ....	<b>40</b>
<b>Tabla 4.</b> Definición y medición de las variables identificadas.....	<b>41</b>
<b>Tabla 5.</b> Perfil de expertos para validación de instrumento de medición.....	<b>44</b>
<b>Tabla 6.</b> Instrumento de medición final. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 7.</b> Parámetros para la construcción del modelo. ....	<b>60</b>
<b>Tabla 8.</b> Ejercicio de simulación con servicios para 5 clientes simultáneamente. ....	<b>67</b>
<b>Tabla 9.</b> Resultados de optimización de rutas del servicio de polinización. ....	<b>67</b>

## 1. Introducción

El papel de las abejas como polinizadores agrícolas es crucial pues se estima que el 70% de los principales cultivos usados para la alimentación humana alrededor del mundo dependen de los polinizadores (Klein et al., 2007), esto significa que la polinización no es solamente un servicio ecosistémico sino también un insumo esencial en la producción agrícola al lado de otros más convencionales como los fertilizantes y el agua (Baptiste et al., 2016).

En países como Estados Unidos, Canadá, Brasil y algunos países de Europa (Carreck et al., 1997), el servicio de polinización dirigida con abejas melíferas en plantaciones comerciales está ampliamente establecida (Carvalho et al., 2015; Montoya-Pfeiffer et al., 2016; Morse & Calderone, 2000; Rucker et al., 2012; Vásquez et al., 2006; Watanabe, 1994), y representa un beneficio monetario considerable a nivel mundial calculado en 153 billones de euros (Gallai et al., 2009). En Colombia, aunque se conoce la actividad de *A. mellifera* como polinizador en importantes cultivos frutales (Montoya-Pfeiffer et al., 2016), el establecimiento del servicio de polinización es todavía una actividad emergente.

La empresa New Ecology, fundada en 2019, es una iniciativa colombiana ubicada en la ciudad de Bogotá D.C., especializada en mejorar el rendimiento de los cultivos frutales mediante el servicio de polinización dirigida con abejas manejadas. Con operaciones en seis departamentos y abarcando más de siete cultivos de importancia económica para el país, la empresa enfrenta el desafío de expandir su alcance nacional sin comprometer la eficiencia operativa ni aumentar los costos.

Uno de los principales obstáculos para lograr esta expansión son los costos logísticos, que representan aproximadamente el 60% del costo total del servicio de polinización. Ante este panorama, New Ecology plantea como solución la optimización

logística de sus rutas de operación que combine la creación de redes geolocalizadas de proveedores aliados, junto con la incorporación de tecnologías de monitoreo remoto de colmenas. Esta estrategia busca no solo reducir los costos logísticos, sino también fortalecer la eficiencia del servicio y aumentar el valor ofrecido a sus clientes.

La investigación en curso es un estudio teórico y descriptivo con un análisis cualitativo, siguiendo una lógica inductiva y un diseño no experimental (Hernández et al., 2014). El análisis cualitativo permite una comprensión profunda de los fenómenos desde las perspectivas de los participantes, así como la interpretación de los significados que atribuyen a estos fenómenos (Hernández & Mendoza, 2018).

Según Tena (2023), al adoptar un enfoque cualitativo, se privilegia la profundidad sobre la amplitud, permitiendo una inmersión detallada en los contextos, significados y experiencias de los sujetos y objetos de estudio en este caso en el campo de la optimización logística y el servicio de polinización dirigida. Esta metodología cualitativa ofrece una gama de métodos, como entrevistas en profundidad, análisis de contenido y observación participante, que se centran en la comprensión de las perspectivas subjetivas y en la captura de la complejidad de los procesos (Aguilera, 2021)

En términos de optimización logística, existen modelos heurísticos como el vecino más cercano o la ruta más corta, así como modelos metaheurísticos como la “colonia de hormigas”. Ambos se usan en la optimización logística de rutas y la eficiencia de visitas a múltiples ubicaciones dispersas geográficamente (Taha, 2017) y para encontrar soluciones combinando búsqueda local (Hernández, 2022). Un ejemplo exitoso es el usado por parte de *United Parcel Service (UPS)*, una empresa líder en logística y distribución a nivel mundial, para mejorar la eficiencia en la entrega de paquetes y reducir costos operativos es el enrutamiento de vehículos. UPS implementó algoritmos inspirados en el comportamiento de las hormigas para optimizar las rutas de entrega de sus camiones, lo que les permitió reducir significativamente los costos operativos y

mejorar la eficiencia en la entrega de paquetes ahorrándole millones de dólares anuales (United Parcel Service of America, 2024).

De igual forma, el monitoreo en tiempo real ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del servicio. Proporciona información instantánea sobre el estado y ubicación de las colmenas, permitiendo una gestión más ágil y proactiva de la cadena logística. Además, genera alertas predictivas ante posibles problemas en las colmenas podría dar a la empresa una ventaja competitiva al anticiparse a las necesidades del mercado en locaciones específicas (BeeHero, 2022).

Este trabajo busca establecer cuál es la modelo de redes y monitoreo de colmenas más eficaz para la optimización de costos de New Ecology. En primer lugar, se presenta la justificación del proyecto, el marco institucional y de referencia aplicado a las soluciones propuestas y luego se expone el diseño metodológico utilizado, diagnóstico organizacional de New Ecology SAS y el plan de intervención correspondiente. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar un modelo de optimización logística integral mediante redes geolocalizadas y monitoreo de colmenas con el fin de optimizar costos en el servicio de polinización dirigida en cultivos frutales de la compañía New Ecology SAS

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Diagnosticar la situación actual de la cadena de suministro del servicio de polinización dirigida en la empresa New Ecology SAS
- b) Analizar modelos teóricos y buenas prácticas de gestión de la cadena de suministro para identificar variables pertinentes y evaluar alternativas de optimización logística y sistemas de monitoreo del servicio de polinización dirigida considerando el modelo de negocio actual de la empresa New Ecology.
- c) Analizar la integración de los principios de sostenibilidad al modelo, propendiendo por minimizar el impacto ambiental del servicio de polinización dirigida.
- d) Estructurar el plan de implementación del modelo diseñado, considerando las capacidades y recursos disponibles de la empresa y los potenciales beneficios en cuanto a eficiencia, competitividad y satisfacción del cliente.

### 3. Justificación

En esta sección se aborda la relevancia y la necesidad del alcance del estudio. Se expone el crecimiento de los servicios de polinización y la importancia de equilibrar su uso con la protección de los polinizadores. Se destacan los beneficios de la posible implementación de un modelo de optimización logística, tanto para la empresa como para el sector agrícola.

El uso de servicios de polinización, que implica la adquisición o arrendamiento de colmenas de abejas por parte de agricultores, ha crecido exponencialmente en todo el mundo, como una forma de complementar la labor de los polinizadores silvestres (Moreno et al., 2018). Sin embargo, resulta crucial hallar un balance entre la necesidad de estos servicios y la protección de los polinizadores, ya que sus poblaciones están decreciendo rápidamente a causa de diferentes factores como los cambios en el uso de la tierra, el incremento en el uso de pesticidas, la contaminación del entorno y el cambio climático (Hendrickx et al., 2007).

La Iniciativa Internacional para la Conservación y Utilización Sostenible de los Polinizadores (IPI), establecida en 2000 bajo el Convenio sobre la Diversidad Biológica, al cual se encuentra vinculado Colombia, tiene como meta principal coordinar estrategias a nivel mundial para enfrentar la reducción de los polinizadores, fomentando su preservación y uso sustentable en la agricultura y entornos similares, dada su contribución al rendimiento y calidad de los cultivos y a la diversidad biológica (Moreno et al., 2018).

En Europa, Australia, Nueva Zelanda y EE. UU., los agricultores pagan a los apicultores por instalar y manejar colmenas de abejas durante la temporada de floración. En EE. UU., este mercado generó \$655,6 millones de USD en 2012, con 387 establecimientos y 2.552 empleos a tiempo completo. Aunque en Colombia se ha subestimado este servicio, estudios recientes han destacado sus beneficios, donde

destaca el aumento en la producción y calidad de cultivos tradicionales y promisorios (Nates-Parra, 2016). En un escenario donde hay más cultivos que abejas para polinizarlos, es necesario que las compañías agrícolas y los gobiernos trabajen juntos para preservar la salud y diversidad de los polinizadores, garantizando así la futura producción agrícola (Arias, 2017).

La implementación de un modelo de optimización logística en el servicio de polinización de New Ecology SAS busca mejorar la eficiencia en la asignación de recursos, reducir costos y tiempos de desplazamiento, además de generar una diferenciación competitiva. La incorporación de tecnología en el servicio trabaja en la misma vía, pues tener información del estado de las colmenas en tiempo real, basándose en parámetros como temperatura, humedad y peso, se traduce en una reducción del tiempo y recursos asignados a tareas de manejo, sin comprometer la eficiencia del servicio de polinización (Gil-Lebrero et al., 2016).

El desarrollo de la investigación es viable gracias a la disponibilidad de recursos financieros, humanos y tecnológicos. New Ecology SAS dispone de bases de datos de proveedores y clientes, información clave sobre costos operativos y demanda de polinización, facilitando la implementación del modelo. Además, el acceso al contexto de estudio y la colaboración con actores clave hacen factible la aplicabilidad de los resultados.

En el ámbito institucional, la investigación se enmarca en el campo de Ciencias Económicas y Administrativas, dentro del grupo de Gestión Organizacional y la línea de investigación en Logística y *Supply Chain Management*. Su relevancia radica en la generación de conocimientos aplicables a la optimización de cadenas de suministro en sectores estratégicos como la agricultura y la apicultura, promoviendo modelos de negocio sostenibles y eficientes.

En conclusión, el proyecto responde a una necesidad real del sector agrícola y apícola, alineándose con tendencias económicas, tecnológicas y de sostenibilidad. La implementación del modelo de optimización logística en New Ecology SAS permitirá mejorar la eficiencia del servicio de polinización dirigida, fortalecer la competitividad de la empresa y contribuir a la conservación de los polinizadores.

#### **4. Marco Institucional**

En esta sección se presenta a la empresa New Ecology SAS, describiendo su actividad principal, experiencia y enfoque en la polinización dirigida. Se detallan los referentes estratégicos de la empresa, su estructura organizacional, los productos y servicios que ofrece, y un análisis del sector en el que opera.

##### **4.1 Presentación general la empresa**

New Ecology SAS es una empresa del sector agropecuario especializada en el diseño y gestión de programas de polinización para productores de frutas y hortalizas, los cuales han demostrado aumentar el rendimiento de los cultivos hasta en un 100%. Con más de 12 años de experiencia en apicultura, su equipo líder aprovecha tanto el conocimiento científico como la experiencia práctica para adaptar e implementar tecnologías de bajo costo y técnicas de manejo que optimizan el desempeño de los polinizadores. Esto se traduce en mejoras significativas en la calidad y el rendimiento de las frutas, con incrementos que oscilan entre el 20% y el 100%, dependiendo del cultivo y la variedad (C.A. García, comunicación personal, 20 de marzo de 2024).

Estos programas abordan el déficit de polinización que afecta a los cultivos, un problema que puede tener consecuencias drásticas como la reducción del rendimiento, la producción de frutas pequeñas o malformadas, un aumento en la susceptibilidad a enfermedades y, por ende, un mayor desperdicio de alimentos. New Ecology SAS trabaja mano a mano con los agricultores para integrar la polinización en sus prácticas de manejo de cultivos, con el objetivo de aumentar la producción de manera sostenible.

Según García (2015), New Ecology se clasifica como una microempresa, ya que para el año 2024 cuenta con cinco empleados directos y cinco indirectos, y sus activos totales tienen un valor inferior a 500 salarios mínimos legales vigentes (SMMLV). En términos de facturación, la empresa registró ingresos por \$338.024.749 en 2022 y \$462.406.381 en 2023. De estos

ingresos, el 46,4% en promedio se atribuyó a la prestación de servicios de polinización y consultoría, línea de negocio que se busca fortalecer y en la se hace énfasis en este trabajo, mientras que el 53,6% restante provino de la venta de productos apícolas en su tienda física y virtual.

#### **4.2 Referentes estratégicos**

La misión de New Ecology es combinar el conocimiento apícola con la innovación agrícola para mejorar el rendimiento y la calidad de las frutas cultivadas, mientras cuidan a los polinizadores. Su visión es liderar el campo de la polinización dirigida de frutales en LATAM, utilizando tecnología para practicar una apicultura de precisión que no solo optimice el rendimiento de las frutas cultivadas, sino que también reduzca el uso indiscriminado de agroquímicos y proteja la vida de los polinizadores. Según New Ecology SAS (2022), el accionar de la empresa se basa en los principios de transparencia, innovación, compromiso y trabajo en equipo, para aportar al desarrollo sostenible de la apicultura y la agricultura en Colombia.

#### **4.3 Estructura organizacional**

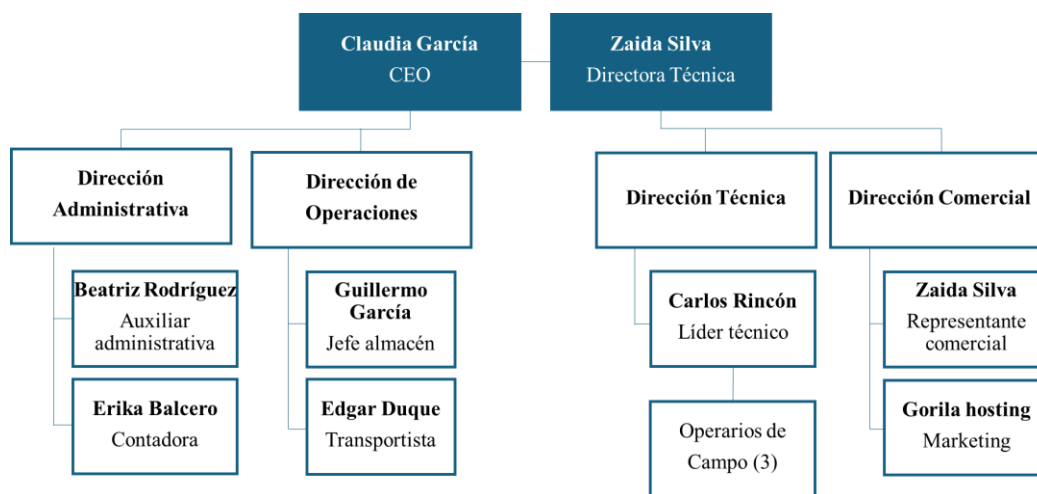
Actualmente, la empresa cuenta con diez empleados en cuatro departamentos: administración, operaciones, técnico y comercial. El área administrativa y de operaciones se encarga de gestionar los recursos necesarios para el funcionamiento del negocio, mientras que el área técnica y comercial se ocupa del proceso de venta, incluyendo la formulación, ejecución y evaluación de proyectos. En la estructura organizativa, representada en la **(Minsal Pérez & Pérez Rodríguez, 2007)**.

**Figura 1**, cada departamento cuenta con un equipo de trabajo que reporta a su respectiva gerente, una de las dos socias fundadoras, y también tiene asignado un líder de proceso o proyecto. Esta disposición corresponde a una organización matricial pues combina aspectos de la estructura funcional y la estructura por procesos y tiene como objetivo principal

flexibilizar y adaptar la estructura organizativa para satisfacer las demandas de los proyectos, los cuales suelen requerir coordinación interdepartamental (Minsal Pérez & Pérez Rodríguez, 2007).

**Figura 1**

*Estructura organizacional de New Ecology.*



*Nota:* elaboración propia con información otorgada por New Ecology S.A.S

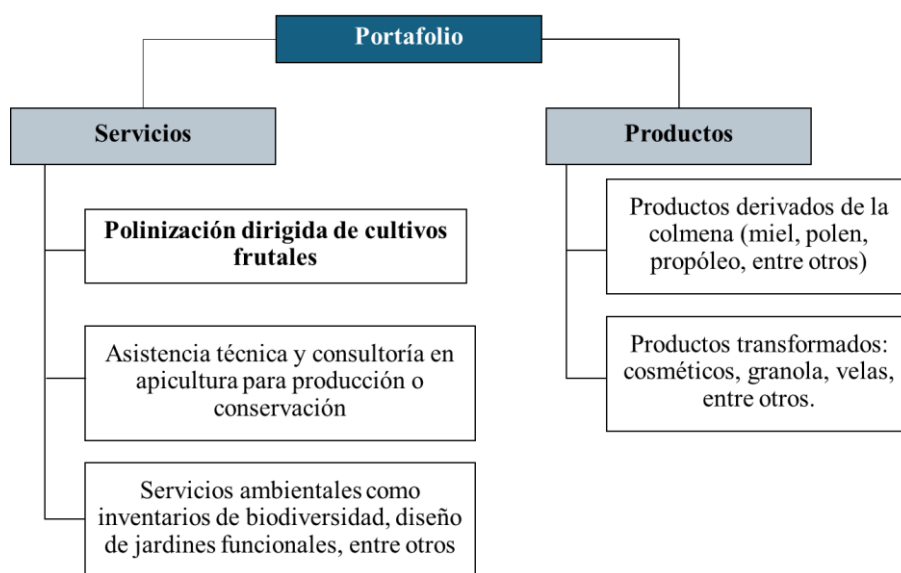
#### 4.4 Productos o servicios ofertados

La Figura 2 presenta una síntesis del portafolio de New Ecology SAS, el cual se divide en dos líneas de negocio: productos y servicios. Cada una de estas líneas cuenta con sus propios objetivos, estrategias y recursos asignados, funcionando de manera semi-independiente dentro de la empresa. Inicialmente, la empresa se centraba en la venta de servicios de polinización dirigida y asistencia técnica en apicultura, pero con el tiempo, los proyectos atendidos comenzaron a generar productos y esto llevó a generar la marca "Beejau" y una tienda física y virtual para comercializarlos. Esta evolución ha llevado a la inclusión de productos transformados y derivados de estas materias primas, como cosméticos y granolas (New Ecology SAS, 2022).

Por otro lado, la prestación de servicios también se ha diversificado, incorporando servicios ambientales vinculados a la experticia en el manejo de los polinizadores de la empresa. Esta estrategia tiene como objetivo aprovechar diversas oportunidades, mitigando los riesgos asociados con la dependencia de un único producto o mercado.

**Figura 2**

*Portafolio de productos y servicios de New Ecology.*



*Nota:* elaboración propia a partir de información suministrada otorgada por New Ecology SAS y [www.newecology.com.co](http://www.newecology.com.co)

#### 4.5 Análisis del sector

En el contexto político colombiano, la agricultura ha sido destacada como un impulsor clave de la economía nacional. El gobierno del período 2022-2026 ha reafirmado su compromiso con este sector al reactivar el Sistema Nacional de Reforma Agraria (Hernández, 2023) e incluyó en su Plan de Gobierno, la búsqueda de la soberanía alimentaria, enfatizando la transición hacia una matriz productiva basada en la agroecología y la producción campesina agroalimentaria.

Este panorama político favorable subraya la importancia de iniciativas que fomenten una agricultura eficiente y sostenible, incluyendo la gestión de polinizadores, fundamentales para la productividad económica y la viabilidad social del país al contribuir principalmente al suministro de alimentos. La gestión sostenible de la polinización se presenta como una oportunidad para conservar la biodiversidad de manera responsable, generando impactos positivos en la producción agrícola, la seguridad alimentaria y el sustento de los agricultores colombianos, alineándose con los compromisos de Colombia frente a la coalición global de polinizadores a la que se unió en 2018 (Moreno et al., 2018).

El sector apícola generó más de 3.000 empleos permanentes para tareas de mantenimiento y revisión en alrededor de 4.070 apiarios, además de 6.000 empleos indirectos durante el primer trimestre de 2020, y el aporte de la polinización con *Apis mellifera* sobre cultivos fue de 622 mil millones de pesos (SIOC, 2020). Aunque se dispone de información sobre la producción de miel y su distribución regional, no se cuenta con datos precisos sobre el número de apicultores involucrados en la prestación del servicio de polinización.

Esta carencia se atribuye a la falta de regulación y registro de predios apícolas que se reglamentó hasta el año 2023 con la Resolución 8390 de 2023 (ICA, 2023). El servicio de polinización dirigida con *Apis mellifera* no está regulado en el país y esto genera retos a nivel técnico y jurídico, así como dificultades para identificar a los apicultores que se dedican a esta labor de tiempo completo o parcial.

Por otro lado, el desarrollo del negocio de la polinización dirigida a nivel industrial en países como Estados Unidos o Israel ha marcado un cambio en la gestión de colmenas, utilizando sensores de pequeña escala para rastrear a las abejas y evaluar su impacto en los cultivos en tiempo real. Esta tecnología ofrece información detallada sobre la salud de las colmenas, niveles de humedad, temperatura y otros factores, generando Big Data para análisis de rendimiento al final del ciclo (Abdel-Raziq et al., 2021; Sharif et al., 2021).

Empresas líderes como "BeeHero" han adoptado estas tecnologías para ofrecer seguimiento remoto de servicios de polinización, brindando a los apicultores herramientas para gestionar múltiples colmenas en diversas ubicaciones. Los informes detallados permiten evaluar la capacidad de polinización de las colmenas en tiempo real a través de una plataforma propia a la que tiene acceso tanto el apicultor como el cliente, lo que fortalece las relaciones comerciales al proporcionar transparencia en la calidad del servicio (Kite-Powell, 2023).

La empresa BeeWaze por su lado, usa sensores adicionales como el de peso cuyo funcionamiento depende de paneles solares y al igual que la empresa anterior, requieren conectividad a la red. Esta iniciativa chilena ofrece el kit de monitoreo en un valor aproximado por colmena de UDS\$450 sin incluir mano de obra del apicultor lo cual es muy costoso (Kite-Powell, 2023) considerando que los precios de compra y mantenimiento por colmena en Colombia rondan los USD\$250 por año (C.A. García, comunicación personal, 20 de marzo de 2024). Por otro lado, BeeFlow ofrece un alimento especial que mejora el rendimiento de las abejas en el campo, atrayéndolas hacia los cultivos objetivo (Beeflow, 2022). Para New Ecology, la adopción de estas herramientas tecnológicas es fundamental para reducir costos y expandir su alcance a nuevos clientes en diversas ubicaciones, adaptándolas al contexto colombiano para maximizar su impacto en la agricultura local.

A pesar de que el mercado de servicios de polinización sigue siendo poco visible en el país y los casos de cultivos que reciben un manejo específico para la polinización son esporádicos (Arias, 2017), se encuentran varios competidores en el radar de la empresa:

*UBEES*: empresa multinacional de alto capital que entró al mercado en 2023 de la mano de Nespresso y cuenta con tecnología patentada de seguimiento remoto de colmenas probándose como piloto en la zona cafetera.

*CAMPO COLOMBIA SAS*: organización fuerte en I+D, con dos empleados que pertenecen a grupos de investigación reconocidos por Colciencias y se especializan en polinización de cultivos.

COMAPIS - JARDÍN DE LAS ABEJAS- DR BEE - OTRAS: Empresas con profesionales que prestan servicio de asistencia técnica en diferentes niveles, con conocimiento específico en manejo de colmenas para polinización.

SAENZ FETY - KOPPERT: Reconocidas empresas que desarrollan bioinsumos. Se encuentran en proceso de gestión de permisos para crianza de abejorros que pueden sustituir el servicio prestado por *Apis mellifera* en algunos cultivos de importancia para la empresa como el arándano y la gulupa.

Según esta información, actualmente la cantidad de competidores que ofrecen un servicio similar no es significativamente alta. El tamaño de estos competidores es homogéneo hoy, excepto UBEEES, al tener una capacidad de expansión rápida. Sin embargo, es crucial destacar que el potencial de crecimiento en el sector es prometedor y que la empresa debe avanzar en la propuesta de valor que ofrece a sus clientes, como parte de su objetivo de expansión y reducción de costos mediante tecnología.

## 5. Marco de Referencia

En esta sección se establecen los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. Se define la logística y su importancia en la cadena de suministro, se revisan los modelos de optimización logística, su aplicabilidad al contexto de los servicios de polinización y se explora el uso de sistemas de monitoreo de colmenas

En un entorno empresarial cada vez más globalizado y competitivo, las organizaciones deben adaptarse a las demandas del mercado y mantener altos estándares de calidad en sus productos y servicios (Tseng et al., 2019). Además, se espera que las empresas asuman responsabilidad por los impactos sociales y ambientales de sus operaciones, consolidándose como aliadas estratégicas en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas (Thorlakson et al., 2017).

En este contexto, la gestión eficiente de la cadena de suministro es un desafío clave, especialmente para empresas como New Ecology SAS, que operan en mercados dinámicos como el de los servicios de polinización. La incertidumbre del mercado y las exigencias de los clientes requieren estrategias que maximicen la eficiencia en la distribución de recursos a lo largo de la cadena. Esto implica implementar procesos de mejora continua y adoptar tecnologías innovadoras que potencien la eficiencia operativa (Nugent et al., 2019).

### **5.1 Definición de Logística**

En el año 2000, Lambert y Cooper presentaron un marco conceptual para la gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management, SCM), aportando a la diferenciación entre la logística, entendida como una función organizacional, y la SCM, concebida como la gestión de redes de empresas. Según los autores, la SCM va más allá de la logística, al centrarse en la gestión de relaciones interorganizacionales, donde el rendimiento se mide por el impacto financiero incremental de cada vínculo (Lambert & Cooper, 2000).

La logística, como parte fundamental de la cadena de suministro, se encarga de planificar, implementar y controlar de manera eficiente el flujo de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el destino final, con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente. Esto comprende operaciones como el transporte, la gestión de inventarios y el procesamiento de pedidos (Lambert & Cooper, 2000).

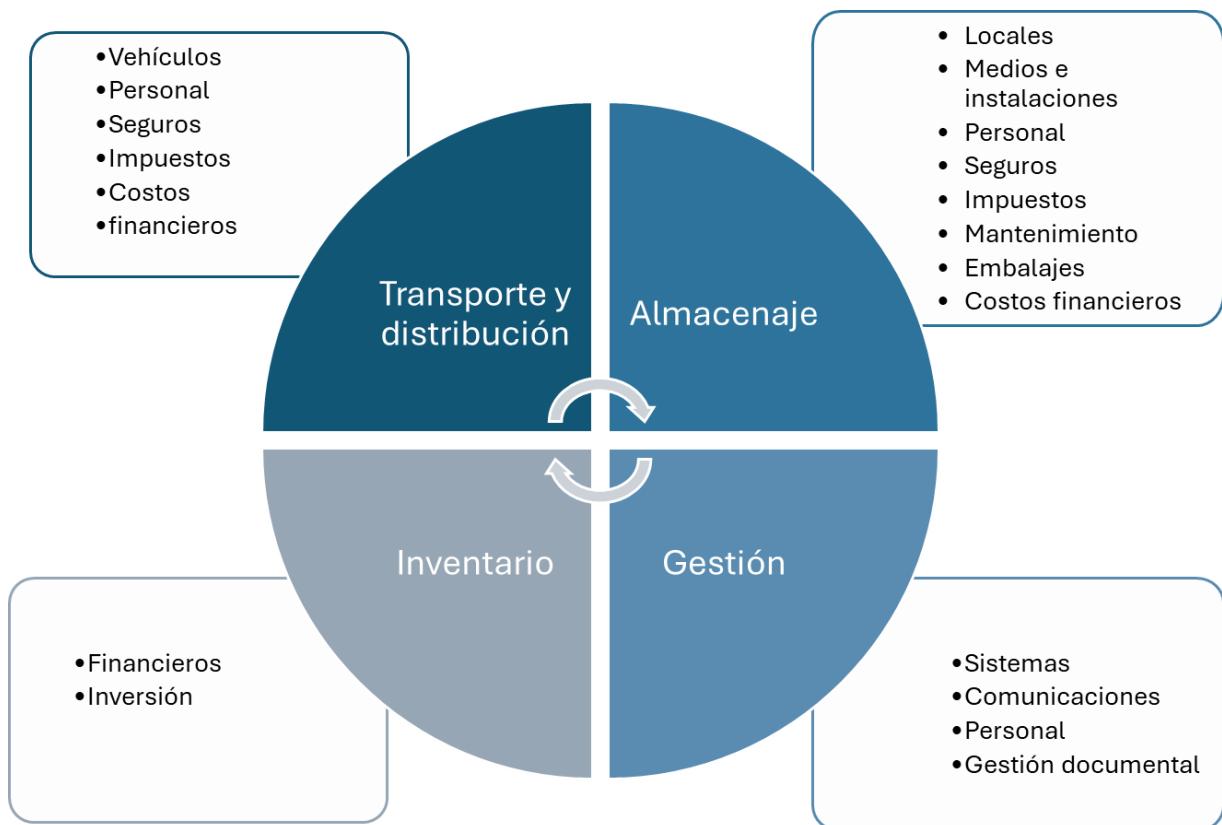
En su carácter multidimensional, la logística agrega valor al integrar aspectos clave como producción, ubicación, tiempo y control a lo largo de la cadena de suministro. Su gestión busca equilibrar eficiencia y eficacia mediante la optimización de recursos, la reducción de costos y la mejora de los tiempos de respuesta, asegurando a su vez una adecuada alineación entre la oferta y la demanda (Coyle et al., 2013; Jayarathna et al., 2021).

Dado que los costos logísticos (Figura 3) representan aproximadamente entre el 10 % y el 15 % del PIB mundial, con el transporte como el mayor componente (39 %), seguido por el

almacenamiento (27 %) y la gestión de inventarios (24 %), las estrategias de optimización logística se han convertido en un factor determinante para mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de las empresas (Hesse & Rodrigue, 2009).

### Figura 3

*Estructura de costos logísticos.*



*Nota:* Adaptado de De La Arada Juárez (2015)

Finalmente, Christopher (2011) señala que una gestión eficiente de la logística y la cadena de suministro puede generar una ventaja competitiva duradera, mejorando la preferencia del cliente mediante la reducción de costos y la diferenciación. No obstante, advierte que las empresas deben enfocarse en crear valor y no solo en reducir costos, ya que una logística eficiente pero no efectiva puede debilitar la propuesta al cliente. Es decir, que no es suficiente con optimizar procesos internos para minimizar gastos sino que también esencial

asegurar que esos procesos realmente respondan a las expectativas del cliente y a la creación de valor en su percepción.

## **5.2 Modelos de optimización logística**

Los problemas logísticos en la cadena de suministro han sido abordados mediante tres enfoques principales: optimización, simulación y heurística. Cada uno tiene aplicaciones específicas y, en muchos casos, se combinan dentro de los sistemas de apoyo a la gestión logística para mejorar la toma de decisiones estratégicas (Powers, 1989). La selección del método adecuado depende del tipo de problema a resolver y de la disponibilidad de datos, ya que algunos de ellos requieren información precisa mientras que otros pueden manejar escenarios con mayor incertidumbre.

En las últimas décadas, la optimización ha surgido como el método predominante para modelar matemáticamente y generar soluciones óptimas para problemas complejos en logística (Griffis et al., 2012). Este enfoque busca minimizar costos o maximizar la eficiencia operativa a través de modelos matemáticos que permiten analizar grandes volúmenes de datos, simular escenarios y evaluar diversas alternativas sin riesgos (Garver & Mentzer, 1999). Bartolacci et al. (2012) destacan que una implementación efectiva de la optimización logística puede mejorar la toma de decisiones organizativas y automatizar procesos clave, permitiendo que el personal se enfoque en actividades estratégicas.

La optimización logística abarca diversas técnicas, desde problemas de transbordo hasta modelos de transporte colaborativo. Aunque los problemas y enfoques de optimización son variados, estos comparten características comunes como la dependencia en pronósticos precisos y la gestión de inventarios. Min & Zhou (2002) clasifican los modelos de optimización en deterministas, estocásticos, híbridos e impulsados por tecnología, dependiendo de la certeza o incertidumbre de sus parámetros y su nivel de integración con sistemas de información.

Desde una perspectiva práctica, Bartolacci et al. (2012) analizan la optimización logística con base en tres categorías de toma de decisiones: estratégica (largo plazo), táctica (mediano plazo) y operativa (corto plazo y tiempo real). En la Tabla 1 se presentan las categorías de toma de decisiones en optimización logística según el horizonte temporal, detallando su descripción, ejemplos y el método utilizado. Además, se resalta el papel de la planificación colaborativa en la optimización de redes logísticas, promoviendo la coordinación vertical, horizontal y lateral entre los actores de la cadena de suministro.

**Tabla 1**

*Categorías de toma de decisiones en optimización logística de acuerdo con el horizonte temporal.*

Categoría	Descripción	Ejemplos de Problemas	Métodos Utilizados
Estratégica	Decisiones críticas a largo plazo que involucran inversiones de capital significativas y tienen un impacto duradero en la empresa u organización.	Determinación del número óptimo de nuevas plantas o centros de distribución (CD) y la ubicación y tamaño correspondientes para cada uno.	Modelos de programación lineal entera mixta, simulación, técnicas heurísticas.
Táctica	Decisiones para asignar eficazmente los recursos de fabricación y distribución en un horizonte de tiempo más corto que los modelos estratégicos.	Tamaño de la fuerza laboral, política de inventario, asignación de modo-transportista, estrategias de aprovisionamiento, canales de distribución, entre otros.	Modelos híbridos, programación lineal, simulación.

Operativa	Decisiones para operaciones diarias y en tiempo real, como la planificación de operaciones de muelle de carga, asignación de órdenes de clientes a camiones, planificación de carga de vehículos, enrutamiento y programación de vehículos, despacho y procesamiento de entregas de pedidos.	Planificación de operaciones de muelle de carga, asignación de órdenes de clientes a camiones, planificación de carga de vehículos, enrutamiento y programación de vehículos.	Modelos de optimización de rutas, simulación, técnicas de comunicación.
Colaborativa (híbrida)	Proceso de toma de decisiones conjunto para alinear las funciones logísticas de partes individuales con cadenas de suministro separadas con el objetivo de lograr coordinación general teniendo en cuenta asimetría de la información.	Seleccionar tareas y enrutamiento para un servicio de transporte colaborativo, en el que se elige entre la flota propia y los transportistas externos para servir a múltiples clientes y socios.	Modelos de optimización de localización, técnicas de colaboración, planificación de rutas compartidas.

*Nota:* Elaboración propia a partir de Bartolacci et al. (2012).

Como se ha visto, las organizaciones enfrentan diversos problemas logísticos que requieren enfoques específicos. La optimización es poderosa cuando se aplica correctamente, pero no es una solución universal. Mientras que la optimización es preferible en ciertos casos, la simulación y los métodos heurísticos se utilizan cuando no es posible optimizar. A lo largo de los años, ha habido un acercamiento gradual entre la optimización y el uso de heurísticas (Powers, 1989).

Las heurísticas, o algoritmos "de regla de oro", permiten encontrar soluciones aproximadas a problemas combinatorios complejos. Su ventaja radica en la rapidez para generar soluciones aceptables, aunque su calidad respecto a la óptima puede ser incierta (Taha, 2017). En logística, se aplican al enrutamiento de vehículos mediante heurísticas de construcción y mejora local. Según Griffis et al. (2012), las primeras construyen soluciones factibles basadas en criterios como costos mínimos, mientras que las segundas optimizan una solución inicial mediante la exploración de soluciones vecinas.

Las metaheurísticas combinan heurísticas y estrategias avanzadas para explorar un mayor número de soluciones, permitiendo escapar de óptimos locales. Son útiles en problemas complejos donde los métodos exactos resultan inviables (Griffis et al., 2012). Ejemplos incluyen el algoritmo del vecino más cercano, que busca la ruta más corta en el problema del viajero (Cubelli De León, 2023) y el algoritmo de optimización por colonia de hormigas (ACO), que simula el comportamiento de hormigas en busca de rutas eficientes (Griffis et al., 2012).

Considerando las necesidades de New Ecology SAS, se priorizaron dos modelos de optimización logística: el modelo de localización de instalaciones y el modelo de rutas de transporte (Chopra & Meindl, 2019). El primero optimiza la ubicación de centros logísticos considerando costos de transporte, demanda de mercado, costos operativos y restricciones regulatorias. El segundo optimiza las rutas mediante la identificación de modos de transporte, análisis de demanda, evaluación de costos y minimización de distancia y tiempo de viaje.

Para determinar cuál es el mejor modelo para rediseñar la red logística, la cadena de suministro de la organización y su ruta de implementación, Coyle et al. (2013) presentan una secuencia de seis pasos que se muestra en la El proceso comienza con la formación de un equipo responsable de comprender los requerimientos de la compañía, sus estrategias comerciales y establecer los parámetros y objetivos del proceso. Luego, se realiza una auditoría para recopilar información clave, seguida por la revisión de alternativas de diseño utilizando modelos cuantitativos adecuados. Después, se analiza la ubicación de las

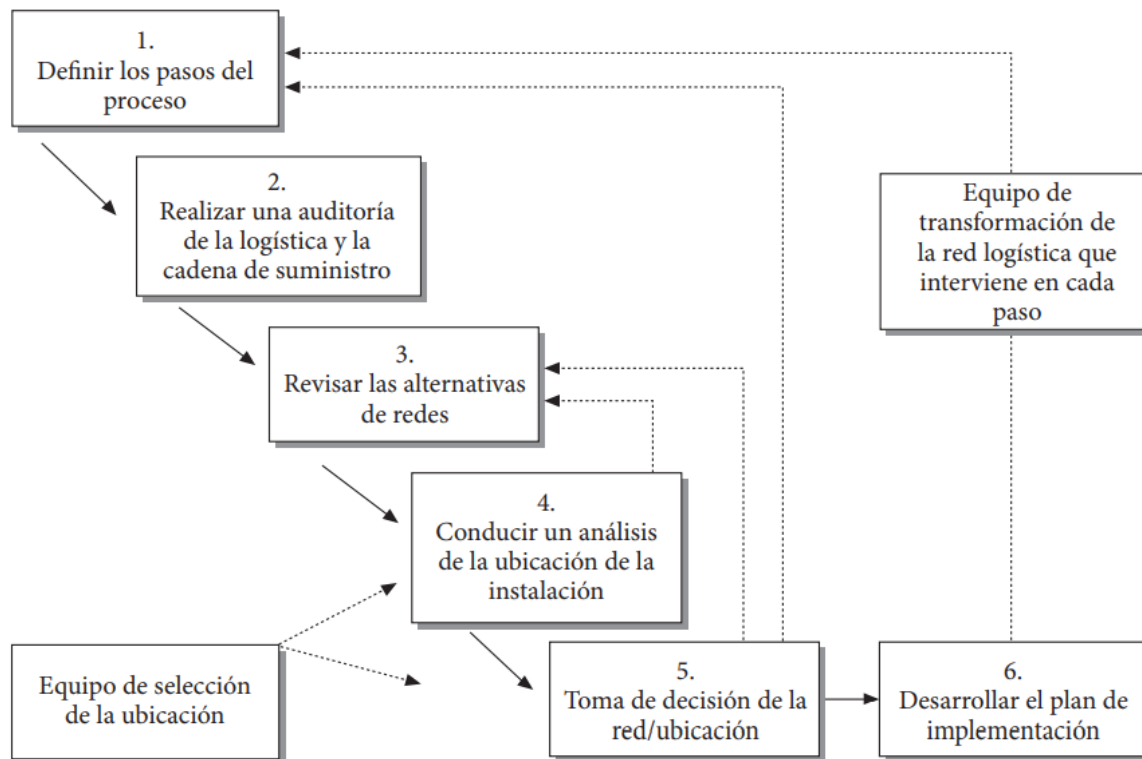
instalaciones considerando aspectos cuantitativos y cualitativos, seguido por la toma de decisiones respecto a la ubicación de la red y las instalaciones. Finalmente, se diseña un plan de implementación para guiar la transición hacia la nueva red, comprometiendo los recursos necesarios para garantizar una implementación efectiva y continua mejora (Coyle et al., 2013).

Figura 4.

El proceso comienza con la formación de un equipo responsable de comprender los requerimientos de la compañía, sus estrategias comerciales y establecer los parámetros y objetivos del proceso. Luego, se realiza una auditoría para recopilar información clave, seguida por la revisión de alternativas de diseño utilizando modelos cuantitativos adecuados. Después, se analiza la ubicación de las instalaciones considerando aspectos cuantitativos y cualitativos, seguido por la toma de decisiones respecto a la ubicación de la red y las instalaciones. Finalmente, se diseña un plan de implementación para guiar la transición hacia la nueva red, comprometiendo los recursos necesarios para garantizar una implementación efectiva y continua mejora (Coyle et al., 2013).

#### **Figura 4**

*Pasos principales del proceso de diseño de la red logística y la cadena de suministro.*



Nota: Tomado de Coyle et al. (2013).

Finalmente, es relevante mencionar que el uso de herramientas de inteligencia artificial generativa tiene un alto potencial para fortalecer los modelos de optimización logística, al integrar datos dinámicos y generar respuestas adaptativas en tiempo real (Menache et al., 2025). Por ejemplo, en el caso de New Ecology SAS, podría reajustar automáticamente las rutas de operación (modelo matemático) ante interrupciones causadas por condiciones climáticas, facilitando decisiones más ágiles ante un escenario cambiante pero común en el sector agrícola.

### 5.3 Aplicabilidad de los modelos a la cadena de suministro de servicios de polinización

La gestión logística de la cadena de suministro de servicios de polinización implica una variedad de factores interdependientes que deben ser considerados para garantizar su eficiencia y sostenibilidad. La integración de múltiples variables y la adaptación de los modelos a las necesidades específicas del mercado resultan fundamentales para optimizar los procesos.

En la Tabla 2 se presenta un análisis detallado de la información y las variables esenciales a tener en cuenta para la implementación de un nuevo modelo de gestión logística.

**Tabla 2**

*Acciones a realizar en cada una de las etapas de diseño de la nueva red logística para la prestación del servicio de polinización dirigida.*

Etapas	Acciones
Realizar un diagnóstico de la logística y cadena de suministro	Evaluar la situación actual de la cadena de suministro: Análisis de la eficiencia de la cadena de suministro actual, posición de la empresa en la cadena, comprensión de las actividades y los procesos logísticos, valores de parámetros u objetivos para los costos logísticos y de la cadena de suministro y principales mediciones de desempeño, identificación de brechas entre el desempeño de la logística y la cadena de suministro (cualitativo y cuantitativo) actual y esperado y por último objetivos clave para el diseño de la red logística y la cadena de suministro, expresados de tal manera que facilite la medición.
Revisar las alternativas de redes	Aplicar modelos cuantitativos adecuados al sistema logístico de la polinización dirigida. Determinar si va a ser optimización, simulación, heurística o alguna combinación de estos. Análisis de demanda de servicios de polinización en diferentes regiones geográficas del país y selección de las ubicaciones de las colmenas priorizando las áreas con necesidades más altas (priorización ABC). Determinar restricciones de capacidad de plantas, almacenes y flota de transporte.
Conducir un análisis de la ubicación de la instalación	Encontrar soluciones preliminares del diseño y analizar posibles escenarios. Calcular las distancias entre nodos de producción, almacenamiento y demanda. Mapear red de proveedores locales. Calcular costos de transporte de servicio a diferentes áreas de cultivo considerando factores como tipo de productor, distancia y condiciones de infraestructura como accesos, estado de la carretera y tipos de vehículos.
Toma de decisiones respecto a la	Evaluar ubicaciones determinadas en puntos anteriores y determinar si son consistentes. Determinar si es viable incluir servicios tercerizados o no. Determinar si es viable implementar monitoreo de colmenas en

---

ubicación de la red y las instalaciones	un número determinado de puntos. Evaluar las emisiones de carbono, consumo energético u otras variables como restricciones o variables a optimizar.
Desarrollo de un plan de implementación	Diseñar una hoja de ruta de implementación para moverse hacia la nueva red.

---

*Nota:* elaboración propia.

Las buenas prácticas en New Ecology buscan un enfoque holístico y sostenible hacia la interacción entre humanos, medio ambiente y fauna. Para lograrlo, se consideran diversos aspectos: la localización estratégica de colmenas para garantizar condiciones óptimas, la implementación de sistemas de monitoreo con dispositivos IoT, la optimización de rutas de transporte mediante algoritmos específicos, la promoción de vehículos eléctricos en la cadena de suministro para reducir emisiones, y el establecimiento de relaciones colaborativas con apicultores (Runzel et al., 2021). Cualquiera que sea el modelo de gestión de la cadena de suministro debe ser flexible y resiliente frente a las fluctuaciones estacionales, cambios en la demanda de polinización y condiciones ambientales variables, monitoreando resultados y evaluando aspectos clave como la salud de las colmenas, calidad de la polinización y el impacto en la producción agrícola y la biodiversidad (Rivera-Gomis et al., 2020).

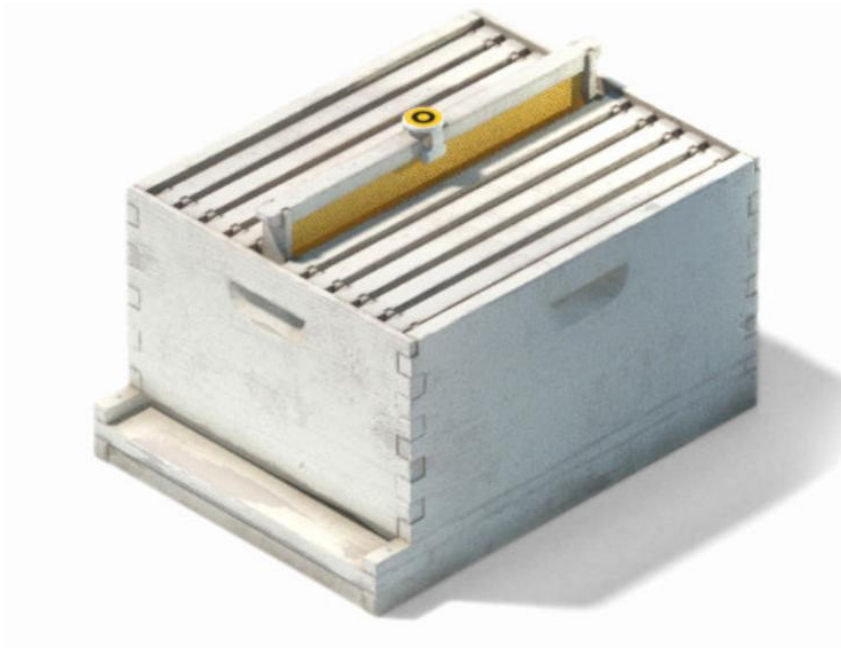
#### **5.4 Sistema de monitoreo de colmenas**

El monitoreo de las colmenas en el servicio de polinización es fundamental para garantizar su salud y eficiencia. La incorporación de tecnología permite optimizar este proceso, destacándose dos sistemas ampliamente utilizados: sensores y GPS.

**5.4.1 Sensores:** permiten medir variables críticas como temperatura, humedad, peso, actividad y calidad del aire (Figura 5) facilitando una respuesta rápida ante posibles riesgos. Estos datos, procesados mediante tecnologías recientes como big data, IoT y blockchain, optimizan la toma de decisiones y mejoran la trazabilidad de los productos apícolas, lo que abre nuevas oportunidades comerciales para los apicultores. Además, contribuyen a la sostenibilidad del sector al permitir intervenciones oportunas que incrementan la productividad y reducen pérdidas.

## Figura 5

*Sensor Smarthive instalado en una colmena estándar.*



*Nota:* tomado de Beehero (s.f.) <https://www.beehero.io/>

Las desventajas de los sensores son su alto costo de implementación y mantenimientos junto con la necesidad de una infraestructura sólida para transmitir datos en tiempo real desde ubicaciones remotas, que puede representar barreras significativas para algunos apicultores (Gil-Lebrero et al., 2017).

**5.4.2 GPS:** Los sistemas de monitoreo basados en GPS permiten rastrear en tiempo real la ubicación y movimiento de las colmenas. Al integrarse con datos climáticos y patrones de polinización, ofrecen una visión completa de la actividad de las abejas. Aunque el GPS no evalúa directamente la salud de las abejas, su relevancia radica en la logística y calidad del producto (Anwar, 2022). Esta tecnología no solo facilita el rastreo de las colmenas y optimiza su posición para la polinización de cultivos, sino que también ayuda a recuperar colmenas robadas o extraviadas. Además, ofrece información valiosa sobre los patrones de vuelo y preferencias de polinización de las abejas, mejorando la gestión de las colmenas y la eficiencia de la polinización arrojando resultados gráficos fáciles de entender, como se muestra en la interfaz de la empresa BeeHero en la Figura 6 (Runzel et al., 2021).

## Figura 6

*Interfaz de integración GPS tracker y sensores en la aplicación desarrollada por BeeHero.*



*Nota:* tomado de Beehero (s.f.) <https://www.beehero.io/>

La principal desventaja de los dispositivos de seguimiento es su alto costo de adquisición e instalación en todas las colmenas, especialmente debido a su ubicación dispersa. Además, su funcionamiento requiere una conexión a Internet satelital o una red de comunicaciones robusta para transmitir datos en tiempo real, lo que puede representar un desafío en zonas remotas. Otro inconveniente es la vida útil limitada de la batería, lo que dificulta su uso en lugares donde la recarga es complicada (Runzel et al., 2021).

A pesar de estos obstáculos, la integración de estas tecnologías en la gestión de las colmenas ofrece una oportunidad significativa para mejorar la polinización y promover prácticas más sostenibles, destacando el potencial transformador de la tecnología en la conservación de los ecosistemas y el uso responsable de los recursos naturales (Girotti et al., 2020). Asimismo, estos dispositivos aportan un valor agregado a la red de apicultores aliados de New Ecology, ya que facilitan su labor y agilizan la notificación de datos, eliminando la gestión documental en papel, que suele ser tediosa y poco eficiente (Gupta et al., 2014).

## **6. Diseño Metodológico**

En esta sección se describe el enfoque metodológico de la investigación, incluyendo el tipo de estudio, los métodos de análisis externo e interno, la definición de la población y muestra, la identificación de variables, el instrumento de medición utilizado y el proceso de validación del mismo.

El diseño metodológico de una investigación es un componente fundamental en el proceso científico que permite estructurar y dirigir el estudio de manera rigurosa y sistemática, pues proporciona el marco necesario para guiar a los investigadores en la selección y aplicación de métodos que se ajusten a los objetivos del estudio (Tena, 2023).

### **6.1 Tipo de investigación**

La investigación en curso fue un estudio teórico y descriptivo con un análisis cualitativo, siguiendo una lógica inductiva y un diseño no experimental (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Según Tena (2023), al adoptar un enfoque cualitativo, se privilegia la profundidad sobre la amplitud, permitiendo una inmersión detallada en los contextos, significados y experiencias de los sujetos y objetos de estudio en este caso en el campo de la optimización logística y el servicio de polinización dirigida. Esta metodología cualitativa ofrece una gama de métodos, como entrevistas en profundidad, análisis de contenido y observación participante, que se centran en la comprensión de las perspectivas subjetivas y en la captura de la complejidad de los procesos (Aguilera, 2021).

### **6.2 Análisis externo e interno**

Para realizar un diagnóstico organizacional se utilizaron las herramientas PESTEL y DOFA, ya que permitían evaluar tanto los factores externos como los internos que pueden influir en las operaciones de la organización (Islam, 2017). Además, Dalton (2019) destaca la versatilidad del análisis DOFA como una herramienta estratégica de planificación aplicable a diversas situaciones empresariales.

En primer lugar, el análisis PESTEL permite evaluar los factores externos (políticos, sociales, económicos, tecnológicos, ambientales y legales) que afectan a la empresa, identificando oportunidades, amenazas y riesgos. Este análisis normalmente implica reunir al grupo directivo para evaluar cómo las tendencias macroeconómicas afectan la estrategia y las operaciones de la empresa, considerando variables como crecimiento económico, tasas de interés, movimientos cambiarios, y regulaciones del sector (Yüksel, 2012). Según Serna & Díaz (2015), el análisis PESTEL debe incluir indicadores que permitan realizar comparaciones en áreas comerciales (ventas, participación en el mercado), financieras (rentabilidad, activos, pasivos) y productivas (uso de recursos, logística).

En segundo lugar, se utilizó el modelo de las cinco fuerzas de Porter que es un modelo que analiza la atractividad de un sector mediante cinco factores: amenaza de nuevos participantes, poder de negociación de proveedores y compradores, intensidad de la rivalidad entre competidores y amenaza de productos sustitutos. Estas fuerzas influyen en precios, costos y requisitos de inversión, determinando la rentabilidad a largo plazo. Un sector es menos atractivo si enfrenta proveedores y clientes bien organizados, bajos costos de sustitución, bajas barreras de entrada y alta rivalidad (Brito et al., 2024). La atractividad del sector, que indica la expectativa de rentabilidad a largo plazo, se clasifica en Alta (A), Media (M) y Baja (B). Esta clasificación ayuda a entender el impacto de cada fuerza en la rentabilidad y competitividad del sector (Serna & Díaz, 2015).

### **6.3 Análisis interno**

Para realizar el análisis interno de la organización y conocer las causas del problema planteado, se diseñó una herramienta de medición basada en encuestas estructuradas dirigidas a diferentes grupos de interés. Estas encuestas incluyeron preguntas abiertas para medir las variables identificadas para evaluar áreas de mejora y posibles causas subyacentes del problema, utilizando la escala de Likert que usa cinco valores: 1) Totalmente en

desacuerdo, 2) En desacuerdo 3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4) De acuerdo, 5) Totalmente de acuerdo.

Aunque la escala Likert es popular por su facilidad de validación, aplicación e interpretación, Blanco (2011) recomienda evaluar su pertinencia. Para validar el instrumento inicialmente se aplicó en formato Excel a 5 expertos y se recibió retroalimentación; una vez aprobada se aplicó a través de Google Forms al grupo de interesados seleccionado: la primera dirigida a todos los empleados para obtener una visión integral, la segunda a clientes clave para obtener una perspectiva externa sobre la eficacia organizacional y las relaciones con stakeholders externos, y la tercera a los directivos para obtener una perspectiva estratégica.

#### **6.4 Población, muestra y ficha técnica**

La población y muestra de un estudio investigativo se refieren a la totalidad de individuos que comparten una característica común y a una parte representativa de esa población, respectivamente (Sánchez, 2009). La selección de la muestra es crucial para la validez y generalización de los resultados y los diseños muestrales en la investigación pueden ser de diferentes tipos, como aleatorios, estratificados o por conveniencia (Tamayo, 2001).

La población de este estudio se dividió en dos grupos. En el primero se encontraban la totalidad de los empleados de la organización, que incluyó a los 2 directivos y a los 8 colaboradores. El segundo grupo lo conformaron los clientes. Para el primer grupo, se tomó una muestra no probabilística o censal, lo que significa que se incluyeron a todos los individuos de interés (Hidalgo, 2022). En cuanto al segundo grupo, se llevó a cabo un muestreo probabilístico aleatorio de la población total de clientes, compuesta por 37 clientes, con el fin de determinar cuántos serían seleccionados para aplicar el instrumento armonizado. Se esperaba que cada uno de estos grupos de interés aportara perspectivas valiosas al proyecto: los colaboradores brindaron información detallada sobre procesos y áreas de mejora, los directivos ofrecieron una visión estratégica alineada con los objetivos y recursos organizacionales,

mientras que los clientes proporcionaron una perspectiva externa sobre la eficiencia y calidad del servicio.

Para los miembros de la organización, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a la falta de una población representativa por lo que se decidió aplicar el instrumento a todos los empleados de la empresa. En contraste, para los clientes se empleó un muestreo aleatorio probabilístico, calculado mediante una herramienta virtual en línea (Asesoría Económica y Marketing S.C, 2024). Esta selección se basó en un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 90%, considerando restricciones prácticas en la recolección de datos, previendo resultados precisos sin necesidad de una muestra excesivamente grande, de acuerdo con el tiempo (2 meses) y recursos disponibles (Sánchez-Rodríguez, 2022). En consecuencia, se seleccionaron 25 clientes para la muestra. La tabla 4 resume en la ficha técnica las características del estudio.

**Tabla 3.**

*Ficha técnica del estudio.*

Característica	Descripción
Periodo de recolección de datos	2 meses (julio-agosto 2024)
Ciudad de aplicación	Bogotá y otras áreas de influencia del servicio de polinización (clientes clave)
Cargo de las personas entrevistadas	Empleados: Directivos y Colaboradores Clientes: clientes clave
Población	Empleados: 10 (2 Directivos, 8 Colaboradores) Clientes: 37
Muestra	Empleados: Todos Clientes: 25 (Muestreo aleatorio)
Nivel de confianza	90%
Grado de precisión	10%

---

Medio de recolección	Entrevista a dos directivos y Google Forms (aplicación de encuesta) para demás personas
----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

---

*Nota:* elaboración propia.

### 6.5 Identificación de las variables

Según el marco teórico, se enumeran las variables identificadas para abordar la pregunta: "¿Cuál es el modelo más eficaz para la optimización de costos de New Ecology a través del establecimiento de redes de apicultores y el desarrollo de tecnología de monitoreo en tiempo real?" que se relaciona con el problema. Para respaldar estas variables, se consolida en la Tabla 4 los aportes identificados en los modelos de optimización logística expuestos en el marco teórico, con el propósito de construir el instrumento de medición.

**Tabla 4**

*Definición y medición de las variables identificadas.*

Variable	Definición	Qué busca medir	Tipología
Eficiencia logística	Es la capacidad de gestionar y optimizar el flujo de bienes, servicios e información desde el origen hasta el consumidor, de manera rentable y efectiva (Clausen et al., 2013).	Evalúa cómo la optimización de rutas y la distribución eficiente de recursos pueden reducir costos operativos en la red de apicultores.	Cuantitativa, dependiente
Geolocalización	La geolocalización se refiere al proceso de determinar la ubicación terrestre de una entidad, utilizando generalmente GPS y otros sistemas de posicionamiento. La entidad puede ser una	Determina cómo la tecnología de geolocalización puede mejorar la gestión y la ubicación óptima de colmenas para	Cualitativa, independiente

---

	imagen, secuencia de imágenes, video, imagen satelital o incluso objetos visibles dentro de la imagen (Wilson et al., 2021).	maximizar la eficiencia y minimizar los costos de transporte y monitoreo.	
Demanda de servicios	La cantidad de servicios que los clientes están dispuestos a comprar a un determinado precio en un periodo de tiempo determinado (Peiro, 2024).	Mide la correlación entre la demanda de productos apícolas y la capacidad de la red de apicultores para satisfacer esa demanda de manera rentable.	Cuantitativa, independiente
Ubicación de colmenas	La localización geográfica donde se encuentran situadas las colmenas de abejas (Instituto geográfico Nacional, 2024)	Analiza cómo la elección de ubicaciones estratégicas para las colmenas puede maximizar la producción y minimizar los costos relacionados con la reubicación y el mantenimiento.	Cualitativa, independiente
Servicio al cliente	Son acciones y estrategias empresariales para atender clientes, responder consultas, pedidos o reclamos, asegurar entregas oportunas y fomentar relaciones positivas tras la compra de productos o	Mide el impacto del servicio en la fidelización y satisfacción del cliente, lo que puede influir en la reducción de costos de adquisición de	Cualitativa, dependiente

	servicios (Hernández et al., 2018).	nuevos clientes y el incremento de la rentabilidad.	
Estrategia organizacional	La estrategia organizacional es el plan de acción diseñado por una empresa para alcanzar sus objetivos a largo plazo, alineando recursos con oportunidades del entorno. Implica coordinación y acción colectiva, reflejando una orientación estratégica compartida por los miembros de la organización (Mantere, 2013).	Evalúa la efectividad de la estrategia organizacional en la optimización de costos a través de la cadena de suministro del servicio de polinización.	Cualitativa, independiente

*Nota:* Elaboración propia

### 6.6 Instrumento de medición

El instrumento utilizado fue una encuesta dirigida a los grupos de interés identificados, basándose en las variables identificadas. Para cada variable y considerando los tres grupos de interés, se han formulado cinco preguntas que permiten medir el grado de conformidad del *stakeholder* mediante la escala de Likert así: 1) Totalmente de acuerdo, 2) De acuerdo, 3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4) En desacuerdo, 5) Totalmente en desacuerdo (Gante et al., 2020).

### 6.7 Validación del instrumento de medición

Para validar el instrumento se compartió en formato Excel a 5 expertos cuyos cargos y experiencia se muestran en la Tabla 5, quienes asignaron puntajes a cada pregunta de acuerdo con el método Aiken (Anexo A).

**Tabla 5**

Perfil de expertos para validación de instrumento de medición.

Experto	Cargo	Experiencia (años)
Angie	Gerente logística empresa multinacional	6
Alejandra	Jefe de distribución empresa multinacional	9
José	Director comercial empresa de <i>forwarder</i>	10
Jeanette	Jefe de logística región andina empresa multinacional	15
Claudia	Directora Administrativa New Ecology	6

*Nota:* elaboración propia.

La validación mediante el coeficiente de Aiken es un método que evalúa si el instrumento diseñado mide las variables que se pretenden medir de forma clara y coherente.

Según Retnawati (2016), la fórmula para calcular el coeficiente de V de Aiken es:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^k S_i - m}{k(m - 1)}$$

Donde:

- V es el coeficiente de V de Aiken.
- $k$  es el número de categorías en la escala de respuesta.
- $S_i$  es la suma de los cuadrados de las frecuencias observadas en la categoría  $i$ .
- $m$  es el número total de respuestas.

El valor V varía entre 0 y 1. Un valor cercano a 1 indica una mayor consistencia en las respuestas, mientras que un valor cercano a 0 indica una menor consistencia (Anexo A). Tras validar los resultados y analizar las observaciones de los expertos, se realizaron los ajustes pertinentes. La Tabla 6 presenta el instrumento de medición validado.

**Tabla 6**

*Instrumento de medición final.*

A. EFICIENCIA LOGISTICA	
<b>Preguntas</b>	1 ¿El tiempo de respuesta en las operaciones logísticas actualmente es satisfactorio?
	2 ¿Considera que la logística de transporte en la empresa garantiza que las colmenas lleguen a su destino en el tiempo acordado, en la cantidad correcta y con las especificaciones requeridas?
	3 ¿Los indicadores de medición logística (KPI's) de la empresa están siendo funcionales para la toma de decisiones?
	4 ¿Considera que la eficiencia en costos y tiempos de la red logística actual tiene oportunidades de mejora?
	5 ¿Cree que la empresa tiene un enfoque de mejora continua para potenciar la eficiencia logística, implementando nuevas alternativas, ya sean procedimentales o tecnológicas?
B. GEOLOCALIZACIÓN	
<b>Preguntas</b>	1 ¿Considera usted que una herramienta de geolocalización como GPS o sensores en tiempo real podrían mejorar la eficiencia en las operaciones?
	2 ¿La integración de sistemas de información geográfica con los datos de producción de las colmenas optimizaría la planeación de la distribución de estas?
	3 ¿Considera que el uso de sistemas de geolocalización permitiría tener una visión más precisa de la distribución actual de las colmenas de la empresa?
	4 ¿La implementación de GPS y mapeo de ubicaciones podría apoyar el análisis interno de las rutas logísticas que actualmente maneja la empresa?
	5 ¿La geolocalización facilitaría la identificación de áreas con mayor y menor densidad de colmenas en los territorios donde opera la empresa?
C. DEMANDA DE SERVICIOS	

---

<b>Preguntas</b>	1	¿Cree que la capacidad actual del servicio de polinización, en términos de número de colmenas disponibles y su ubicación, es suficiente para satisfacer la demanda total por regiones?
	2	¿La empresa tiene un mapeo preciso de la demanda potencial de polinización en Colombia?
	3	¿Opina que la empresa aplica eficazmente los pronósticos de demanda del servicio de polinización a corto, mediano y largo plazo?
	4	¿Cree que la empresa cuenta con una estrategia de mercadeo para aumentar su posicionamiento en el mercado y atraer nuevos clientes?
	5	¿Considera que la empresa dispone de las herramientas necesarias para recopilar información de sus clientes de manera efectiva?

---

#### D. UBICACIÓN COLMENAS

---

<b>Preguntas</b>	1	¿Considera que la empresa tiene correctamente identificada la ubicación actual de todas sus colmenas?
	2	¿Considera que la empresa ha identificado adecuadamente las zonas prioritarias para ubicar nuevas colmenas?
	3	¿Considera que la empresa evalúa todas las variables relevantes (temperatura, humedad, disponibilidad hídrica, recurso floral, riesgos) al ubicar nuevas colmenas?
	4	¿Considera que la empresa tiene mapeada correctamente la red de proveedores de colmenas a nivel nacional?
	5	¿Cree que la logística de transporte y movilización de colmenas se gestiona eficientemente, considerando las distancias entre ellas?

---

#### E. SERVICIO AL CLIENTE

---

<b>Preguntas</b>	1	¿Considera que la empresa cuenta con mecanismos confiables para medir la satisfacción de los clientes?
	2	¿Considera que la empresa dispone de canales de comunicación directos y efectivos entre el personal y los clientes, atendiendo a sus necesidades puntuales?
	3	¿Considera que la empresa ha caracterizado completamente a sus clientes más importantes respecto a sus necesidades y preferencias particulares?

	4	¿Considera usted que la empresa tiene definido un procedimiento de servicio al cliente claramente establecido, fácilmente identificable y efectivo?
	5	¿Considera que la empresa ofrece un buen servicio postventa a sus clientes?
<b>F. ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL</b>		
<b>Preguntas</b>	1	¿Considera que la organización tiene claramente alineados los objetivos estratégicos de la empresa con las operaciones diarias?
	2	¿La estrategia organizacional se comunica de manera efectiva en todos los niveles de la empresa?
	3	¿La organización proporciona los recursos necesarios (tiempo, dinero, personal) para cumplir con los objetivos estratégicos de manera efectiva?
	4	¿La estrategia organizacional es lo suficientemente flexible para adaptarse a cambios en el entorno externo?
	5	¿Se considera usted comprometido con la estrategia organizacional?

*Nota:* elaboración propia

## **7. Diagnóstico Organizacional**

Se presentan los resultados del diagnóstico de la cadena de suministro de New Ecology SAS. Se detallan los hallazgos del análisis externo (PESTEL y Cinco Fuerzas de Porter) y del análisis interno, incluyendo los resultados de las encuestas, la caracterización de la cadena de suministro y el análisis DOFA.

Para diagnosticar la cadena de suministro del servicio de polinización dirigida en New Ecology SAS se utilizaron metodologías de evaluación tanto cuantitativas como cualitativas, abarcando el análisis interno y externo de la empresa, acudiendo a información primaria y secundaria. En el análisis externo, se aplicaron las metodologías PESTEL y las cinco fuerzas de Porter para evaluar el impacto de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales, así como la competitividad del mercado. Para el análisis interno, se recopiló información sobre la cantidad, ubicación, importancia, tipo de clientes y

proveedores. Además, se llevó a cabo una encuesta dirigida a empleados, clientes y proveedores, utilizando la escala Likert, con el objetivo de evaluar cinco variables clave: eficiencia logística, geolocalización, demanda, ubicación de apiarios y servicio al cliente. Los hallazgos obtenidos se integraron en un análisis DOFA, lo que permitió identificar las principales oportunidades de mejora y los riesgos asociados a la operación. Por último se caracterizaron los procesos logísticos de la compañía.

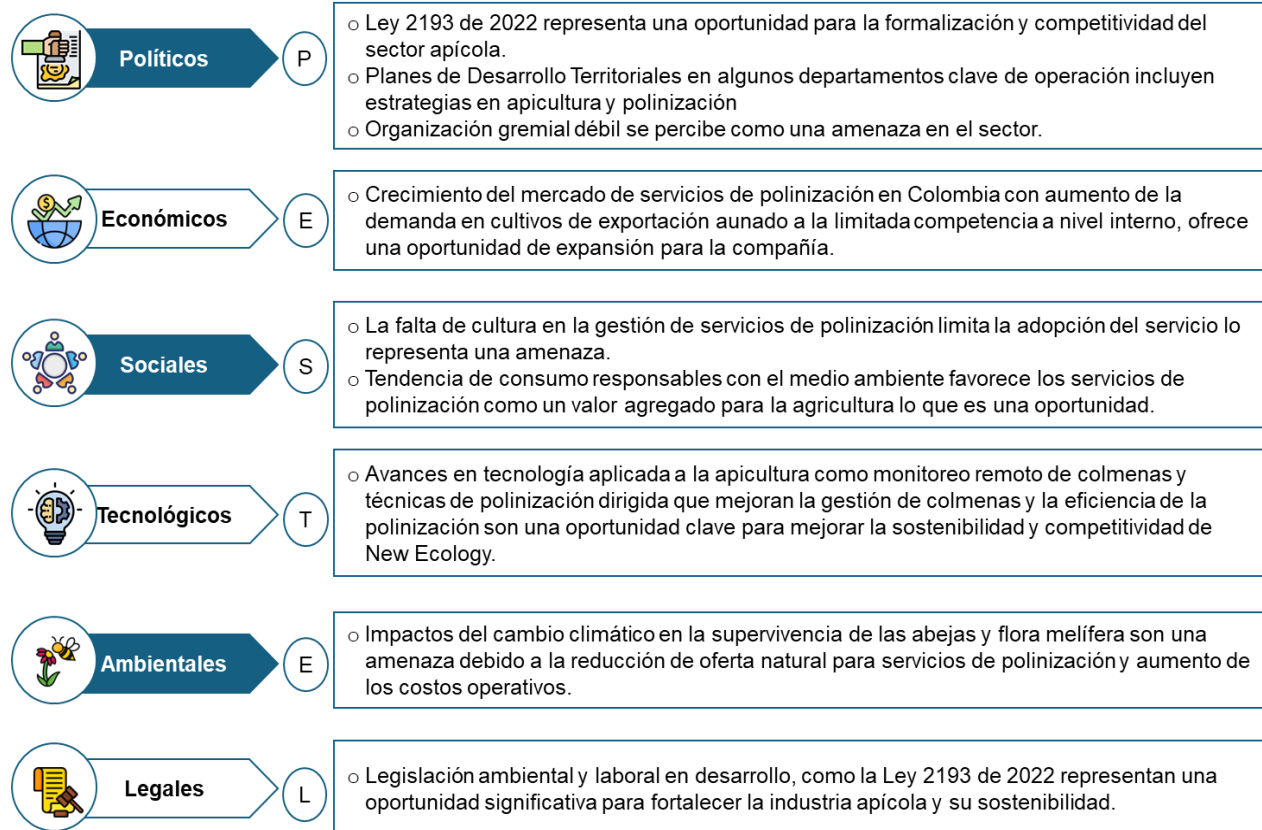
## **7.1 Análisis externo**

### **7.1.1 Análisis PESTEL**

Se realizó un análisis PESTEL (Figura 7) que proporciona una visión integral de los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que influyen en el sector apícola en Colombia, específicamente en el servicio de polinización dirigida, cómo estos pueden afectar la competitividad, la sostenibilidad y el crecimiento del sector en el contexto actual y si representan una oportunidad o amenaza para la compañía. Para ver la matriz de análisis completa ver anexo B.

## **Figura 7**

*Análisis PESTEL.*



*Nota:* elaboración propia.

El análisis PESTEL mostró que New Ecology SAS tiene una ventana de oportunidad en el servicio de la polinización dirigida, dado que el entorno político y económico está avanzando con normativas y planes que impulsan la apicultura, rescatan la importancia de los servicios ecosistémicos brindados por las abejas y existe una creciente demanda del servicio de polinización en cultivos de exportación claves para la economía de Colombia.

Por otro lado, se identificaron la falta de regulación en sanidad apícola y el uso indiscriminado de plaguicidas, junto con una baja cultura sobre la importancia de la polinización y una débil representatividad gremial como las principales amenazas para la organización.

A pesar de ello, la crisis ambiental creciente y la tendencia de los consumidores a exigir productos amigables con el medio ambiente, refuerza la relevancia del servicio de polinización

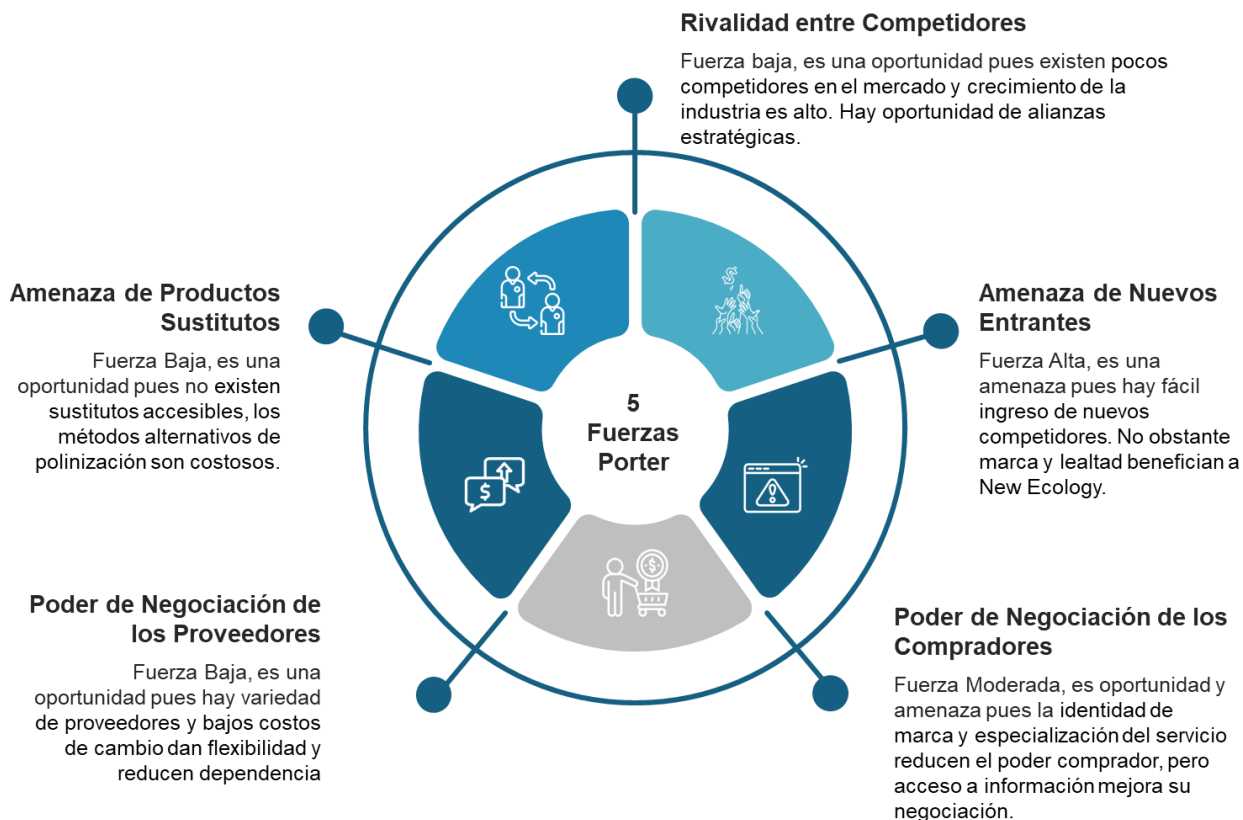
dirigida. Además, el uso de la tecnología emergente puede convertirse en una ventaja competitiva si se implementa adecuadamente. Para consolidar su cadena de abastecimiento, New Ecology SAS deberá adoptar una estrategia que combine innovación tecnológica, educación del mercado y fortalecimiento institucional, permitiendo mitigar estos problemas y aprovechar las oportunidades del sector.

### 7.1.2 Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter

Se realizó un análisis de las Cinco Fuerzas de Porter (Figura 8) que evalúa la competitividad y sostenibilidad del servicio de polinización de New Ecology SAS. Para ver la matriz de análisis completa, ver anexo C.

**Figura 8**

*Análisis Cinco Fuerzas de Porter*



*Nota:* elaboración propia.

El análisis de las cinco fuerzas de Porter para el servicio de polinización de New Ecology SAS mostró un entorno competitivo donde la principal amenaza proviene de la baja barrera de entrada para nuevos competidores. No obstante, la empresa cuenta con una identidad de marca fuerte y clientes leales, lo que le permite diferenciarse y fortalecer su posición en el mercado. En cuanto a la negociación con proveedores, esta representa una oportunidad, ya que existe una diversidad de opciones y costos de cambio bajos, lo que le permite optimizar la cadena de suministro, no obstante la empresa tendría que fortalecer la trazabilidad y control de los procesos logísticos para asegurar que el servicio sea confiable.

Por último, la presencia de productos sustitutos y el alto poder de negociación de los clientes resaltan la necesidad de innovar en la oferta de valor y establecer alianzas estratégicas que fortalezcan la competitividad de la empresa.

## **7.2 Análisis interno**

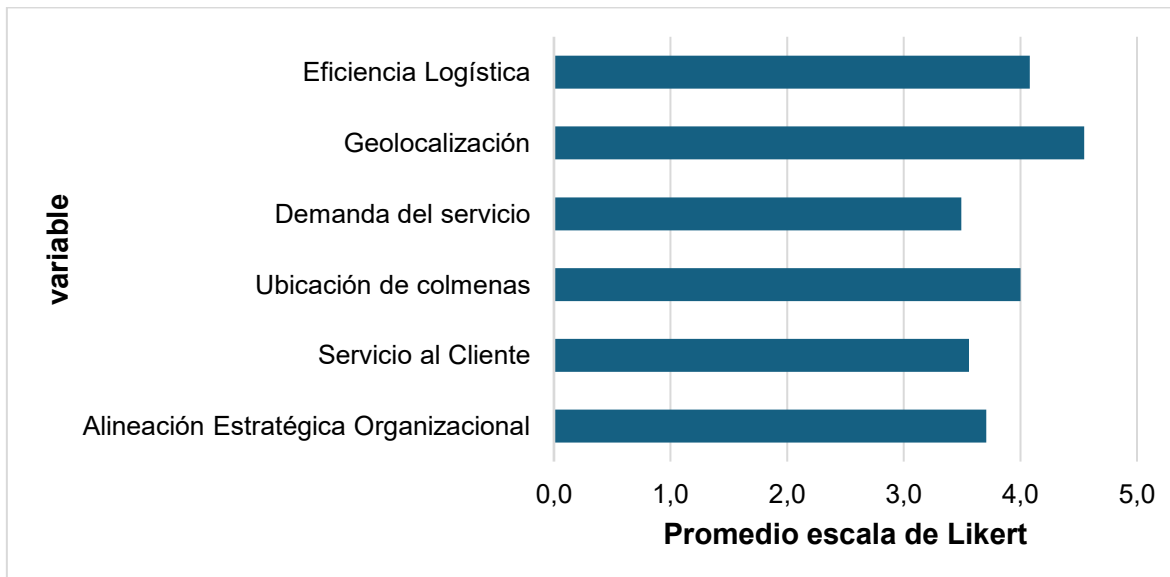
### **7.2.1 Análisis de encuestas y entrevistas semiestructuradas.**

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los resultados de las encuestas a los colaboradores y clientes sobre las operaciones logísticas de New Ecology, usando la escala de Likert de 1 a 5 así: 5) Totalmente de acuerdo, 4) De acuerdo, 3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2) En desacuerdo, 1) Totalmente en desacuerdo. Para ver los resultados en detalle, ver anexo D.

En primer lugar, se evaluó la eficiencia logística donde se destacaron como fortalezas el enfoque de la compañía en la mejora continua de sus procesos y en la eficiencia del transporte en relación con la ubicación de las colmenas, mientras que se identificaron oportunidades de mejora por no contar con indicadores de desempeño claros y en los tiempos de respuesta ya que enfrentan desafíos en zonas alejadas, lo que impacta costos y la satisfacción del cliente.

**Figura 9**

*Resultados de encuestas análisis interno de New Ecology SAS.*



*Nota:* elaboración propia

En segundo lugar, se evaluó la geolocalización como una herramienta para implementar en el servicio, ante la cual hubo una respuesta positiva tanto de clientes como de empleados, pues se percibe como una solución para optimizar la distribución de colmenas, especialmente en proyectos de gran tamaño o con movilidad de colmenas dentro o fuera de la finca. La dirección considera que su implementación será clave para optimizar tiempos y costos con apicultores aliados.

En tercer lugar, se evaluó la demanda del servicio en relación con la capacidad actual de la empresa y su proyección a corto, mediano y largo plazo. La capacidad actual para prestar el servicio de polinización es percibida como insuficiente por colaboradores y directivas, quienes la atribuyen a la falta de planificación estratégica. Asimismo, se identificaron oportunidades de mejora en el mapeo de la demanda potencial, en la comunicación de la empresa y la captación de clientes nuevos, lo que afecta el posicionamiento de la compañía en el mercado.

En cuarto lugar se evaluó la ubicación actual de colmenas y la capacidad de la compañía para determinar las mejores zonas para nuevas instalaciones. La mayoría de los encuestados considera que la empresa tiene un conocimiento adecuado de la ubicación de sus colmenas y criterios claros para seleccionar áreas prioritarias minimizando los costos relacionados con la reubicación y el mantenimiento.

En quinto lugar se evaluó el servicio al cliente, área donde se identificó que la compañía no cuenta con un protocolo de servicio al cliente ni con mecanismos para medir su satisfacción. La comunicación con los clientes se gestiona únicamente desde la dirección técnica y el servicio posventa tiene un desempeño inconsistente. Aunque existen planes y reportes de seguimiento, se requiere una mayor formalización para mejorar la comunicación y garantizar un servicio de calidad.

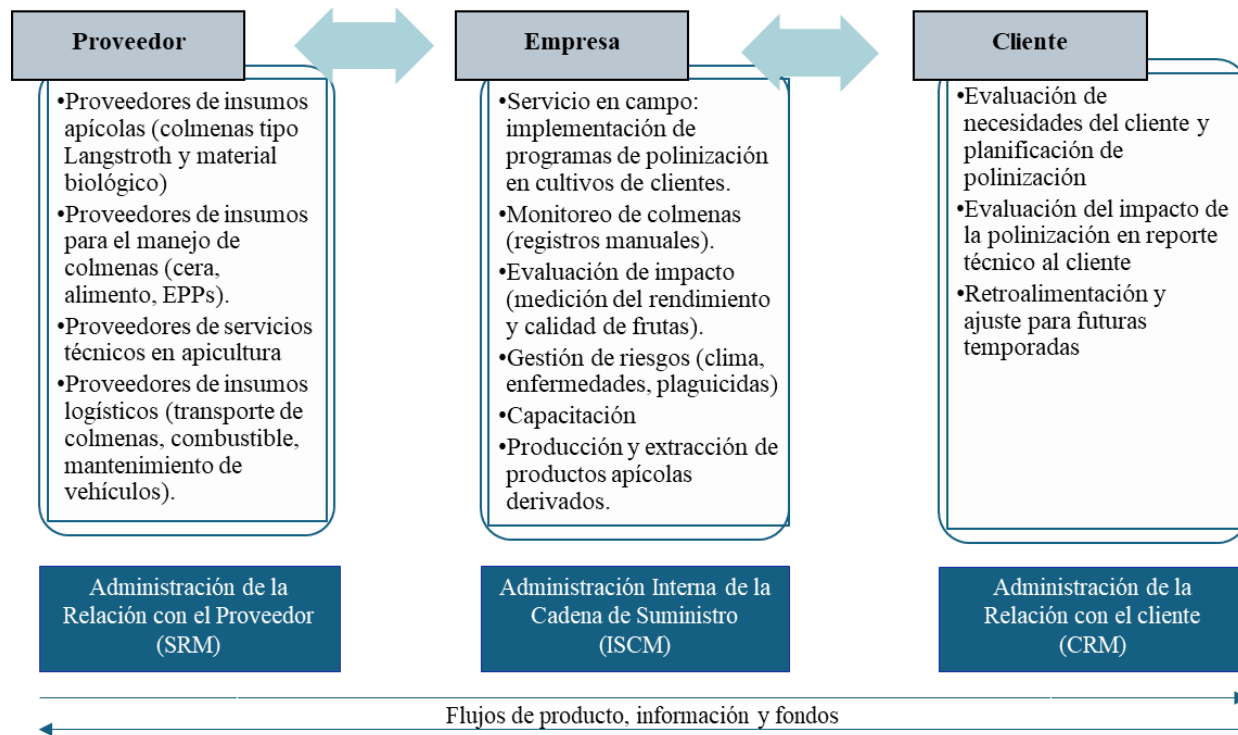
Por último, se evaluó la alineación, comunicación y flexibilidad de la estrategia organizacional, así como el compromiso de los empleados con su implementación y los recursos disponibles para lograrlo. Se encontró que algunos colaboradores perciben que los objetivos estratégicos no se reflejan en las actividades diarias, y se identificaron problemas en la comunicación y disponibilidad de recursos para ejecutar la estrategia. No obstante, el alto compromiso del equipo de trabajo es una fortaleza clave para la empresa en esta área.

### **7.2.2 Cadena de suministro de New Ecology**

Según Chopra & Meindl (2019), los procesos de la cadena de suministro se dividen en tres macroprocesos: Administración de la Relación con el Cliente (CRM), que gestiona la generación y seguimiento de pedidos; Administración Interna de la Cadena de Suministro (ISCM), enfocada en la planificación y ejecución interna para satisfacer la demanda; y Administración de la Relación con el Proveedor (SRM), que se encarga de la selección y gestión de proveedores. La Figura 10 muestra el detalle de estos tres macroprocesos en la compañía New Ecology.

**Figura 10**

*Macroprocesos de la cadena de suministro en New Ecology SAS.*



*Nota:* Elaboración propia a partir de Chopra & Meindl (2019).

De estos macroprocesos se derivan los siguientes procesos:

Suministro: El proceso de abastecimiento en New Ecology SAS comienza con la identificación y selección de proveedores estratégicos que suministran materiales e insumos apícolas. La evaluación de proveedores se basa en criterios de calidad, fiabilidad y capacidad de respuesta ante demandas fluctuantes. La compañía ha establecido algunas relaciones a largo plazo mediante acuerdos de suministro. Asimismo, la compañía mantiene un stock mínimo para responder rápidamente ante los pedidos de los clientes. El análisis de 78 proveedores mostró alta concentración en Bogotá (62.8%), seguida de Boyacá, Antioquia, Meta y Valledupar. El 22.3% son de adquisición mensual, y el

28.2% son de alta importancia, mientras que el 41% tienen baja relevancia y pueden ser sustituidos fácilmente.

**Transporte y distribución:** Luego de adquirir lo necesario para garantizar la prestación del servicio, la empresa transporta las colmenas y los demás insumos para el proyecto hasta el cultivo. Una vez allí, distribuye las colmenas en el campo de acuerdo con los requerimientos. El proceso de distribución en New Ecology SAS enfrenta desafíos significativos debido a que la entrega de productos y servicios depende de rutas establecidas manualmente, lo que no garantiza una optimización del tiempo ni de los recursos.

**Operación:** la empresa desarrolla su operación enfocada en la polinización dirigida, asignando colmenas según las necesidades de cada cliente y realizando labores de mantenimiento y monitoreo. Sin embargo, aún no cuenta con herramientas tecnológicas para optimizar este monitoreo. Además, se obtiene miel durante el proceso, aunque sin un sistema de trazabilidad consolidado. La empresa trabaja con 30 clientes, en su mayoría grandes y medianas empresas. El 50% está en Bogotá y Cundinamarca, y el 40% adquiere el servicio mensualmente, mientras que un 36.7% lo contrata de forma semestral o anual.

**Gestión de Clientes:** El contacto inicial con el cliente implica diagnosticar sus necesidades y elaborar una propuesta técnica y financiera. Durante y al finalizar el proyecto, se comunican los resultados y se plantea la continuidad del servicio, generalmente con renovación anual. Sin embargo, New Ecology SAS enfrenta limitaciones en el seguimiento y fidelización de clientes, ya que carece de herramientas tecnológicas de gestión como un sistema CRM.

Según Chopra & Meindl (2019), cada etapa en una cadena de suministro está conectada por el flujo de productos, información y fondos. Estos flujos no solo conectan cada etapa del proceso, sino que también impactan directamente en la rentabilidad y el valor generado para el cliente.

En New Ecology SAS, la logística de productos no está optimizada, lo que resulta en costos altos. La estandarización del servicio enfrenta varios desafíos, lo que afecta tanto su calidad como su consistencia. La respuesta es rápida en las áreas cercanas, pero se vuelve limitada en las zonas más remotas. Los altos costos operativos y la falta de una planificación financiera adecuada complican la posibilidad de reinversión. Además, la gestión de la información se realiza de manera manual y fragmentada, lo que perjudica la toma de decisiones y la trazabilidad del servicio, ya que no cuentan con herramientas digitales centralizadas ni actualizaciones automatizadas.

## **8. Plan de Intervención**

En esta sección se describe el diseño de la propuesta de solución a los problemas identificados en el diagnóstico. Se presenta el análisis de modelos teóricos haciendo un comparativo para determinar el más alineado a la necesidad de la empresa. De igual manera se plantea el diseño del modelo de optimización logística, las consideraciones para su implementación y el plan de implementación detallado. Además, se aborda la integración de los principios de sostenibilidad en la optimización logística como un valor agregado a nivel sostenible para la compañía.

### **8.1 Análisis de modelos teóricos y buenas prácticas de gestión de la cadena de suministro**

Desde los primeros estudios sobre dinámica industrial de Forrester (1961) hasta los enfoques contemporáneos de *Supply Chain Management* (SCM), se ha consolidado un marco

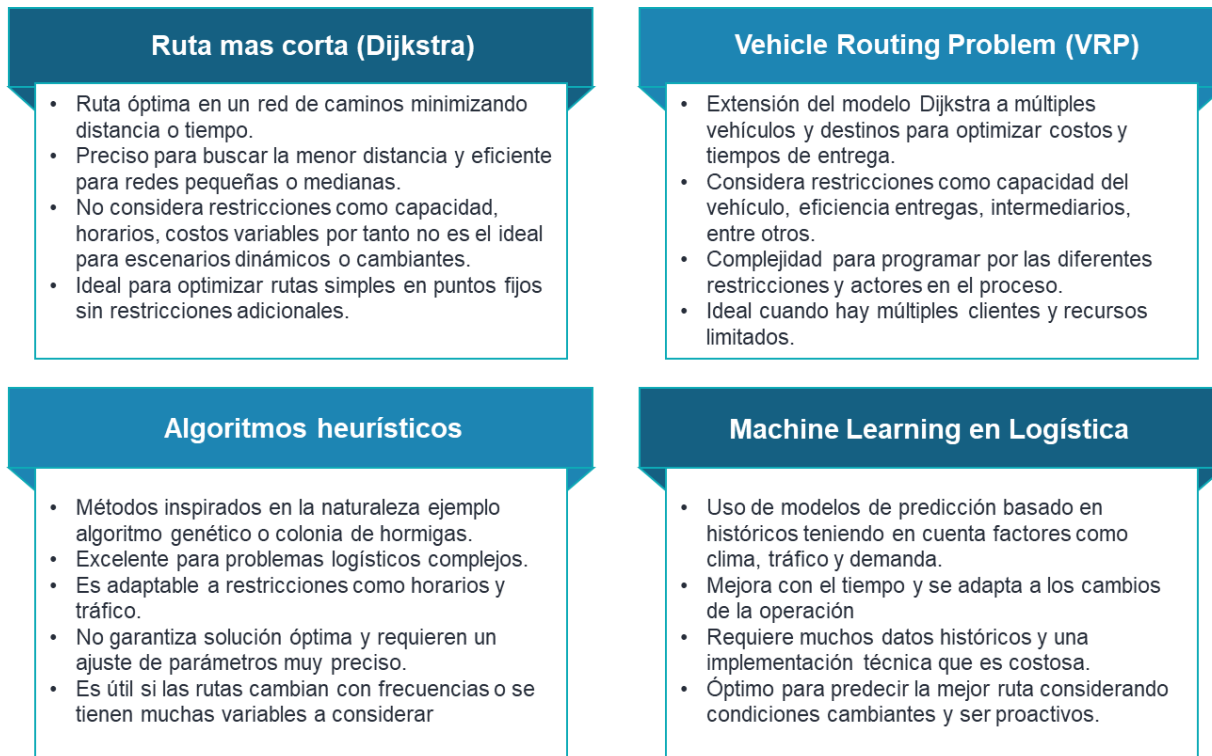
teórico sobre la gestión de la cadena de suministro, que integra el flujo de materiales, información y recursos para maximizar la eficiencia operativa (Herrera & Herrera, 2016). Según Coyle et al. (2013), la administración de la cadena de suministro es en esencia “el arte y la ciencia de integrar flujos de productos, información y finanzas a través de todo el conducto, desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente”.

En los últimos años, la evolución de modelos como el Green Supply Chain Management (GSCM) ha destacado la importancia de incorporar criterios ambientales en la gestión logística, alineando las operaciones con estrategias sostenibles y de impacto positivo en los ecosistemas (Sarkis, 2012). En este contexto, el presente análisis revisa modelos teóricos y buenas prácticas de gestión aplicables a la optimización logística en New Ecology SAS, enfocado en llevar a la compañía hacia una mejora en la eficiencia operativa y una reducción de sus impactos ambientales.

En la figura 12, se comparan cuatro modelos de optimización logística expuestos en el marco de referencia, con base en su descripción, ventajas, desventajas y posible aplicación en la empresa. La selección del modelo más adecuado permitiría reducir costos operativos, optimizar el uso de insumos y mejorar la experiencia del cliente, alineándose con los objetivos estratégicos de New Ecology SAS y sus recursos. Para ver el comparativo completo remitirse al Anexo E.

### **Figura 11**

*Comparación entre los 4 modelos seleccionados.*



*Nota:* Adaptado de las fuentes, Dorling et al. (2017); Wang et al. (2020); Zimmermann & Brandtner (2024)

Tras evaluar estos modelos y considerando los recursos actuales de la compañía, se ha determinado que el VRP es la opción más adecuada para New Ecology SAS, ya que permite optimizar la asignación de rutas de entrega, reducir costos logísticos y mejorar la eficiencia operativa. Su implementación, combinada con herramientas digitales para monitoreo y gestión de información, puede representar un avance significativo en la cadena de suministro de la empresa de cara a prestar un mejor servicio a sus clientes.

## 8.2 Diseño del Modelo

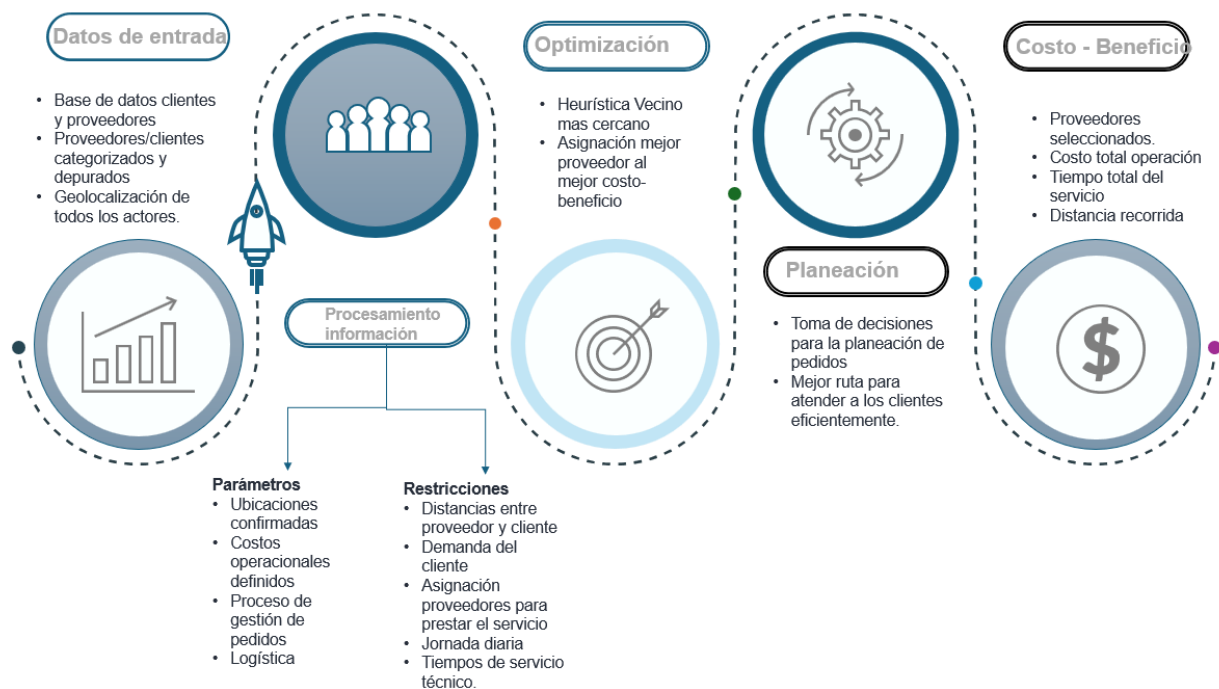
El modelo de optimización logística diseñado mostrará la asignación correcta de los proveedores para atender la demanda de clientes de la empresa de manera más eficiente en términos de costos, tiempos y distancias. La herramienta le permitirá al *planner* de la compañía hacer el ingreso de los pedidos que quiera entregar en un periodo determinado para que el modelo haga la evaluación del cumplimiento de las restricciones indicadas para cada pedido

donde finalmente le mostrará la mejor opción en asignación de rutas y la mejor secuencia de visitas.

En la **Figura 12**, se muestra el paso a paso del diseño del modelo junto con el resultado que cada etapa del proceso va a entregar a medida que se avanza en la ejecución.

**Figura 12**

Paso a paso del diseño del modelo y resultados esperados.



*Nota: Elaboración propia*

### 8.2.1 Propuesta

Para brindar una posible alternativa de solución al proceso de entrega de pedidos de la empresa NEW ECOLOGY se consideró el VRP como el escenario donde los proveedores con todos los insumos que requieren para prestar un servicio técnico puedan atender la mayor cantidad de clientes posibles inclusive si se repiten.

### 8.2.2 Generación de datos

En la Tabla 7 se muestran los principales parámetros utilizados para la construcción del modelo, obtenidos de la base de datos proporcionada por la gerencia general la cual se detalla en el anexo F.

**Tabla 7**

*Parámetros para la construcción del modelo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Ubicación y coordenadas	- Coordenadas de proveedores y clientes categorizados con latitud y longitud.
Tiempo estimado de servicio	-Se estima un tiempo estándar de 10 minutos por colmena para la inspección y mantenimiento. - El tiempo se mide desde la llegada del proveedor al sitio hasta la finalización de la revisión de la colmena, sin incluir los tiempos de desplazamiento.
Costos operativos desde la sede principal	-Se analizan las rutas disponibles para el transporte de colmenas desde Bogotá hasta los cultivos. - Se registran distancias y tiempos de recorrido de cada ruta según las condiciones actuales del servicio. - Se determina la importancia de cada cliente en la planificación logística. - Se contabiliza el número de vehículos disponibles y su capacidad, para este ejercicio se considera un vehículo por proveedor de servicio técnico. - Se calculan los costos de transporte, incluyendo consumo de combustible, peajes y otros costos logísticos.
Geocodificación de direcciones	- Coordenadas verificadas en Google Maps para precisión.
Cálculo de mejor distancia	-Se emplea el método Haversine para calcular las distancias entre todos los puntos geográficos identificados. - No se consideran factores como el estado de las vías o

---

restricciones de tránsito debido a limitaciones en la disponibilidad de datos.

---

*Nota:* elaboración propia.

### 8.2.3 Diseño del Algoritmo de optimización

**8.2.3.1 Función objetivo.** El objetivo principal del modelo es minimizar los costos operativos mediante la optimización de las rutas de prestación del servicio de polinización y los recursos asociados a este. Este modelo está basado en la función objetivo utilizada en los modelos de Vehicle Routing Problem (VRP). En este caso los vehículos son los proveedores y se toma en consideración que actualmente se utiliza un vehículo por cliente. Por tanto, se quiere reducir el tiempo total de transporte para cada ruta.

Para este ejercicio se tuvo el apoyo de 2 inteligencias artificiales ChatGPT y Gemini para definir la función objetivo y las restricciones del modelo de optimización diseñado en VBA (visual basic).

La función objetivo se construye con la siguiente ecuación general:

$$\text{Min } \sum_{i \in \text{clientes}} (C_{rod} + C_{gas} + C_{peaje} + C_{Hosp} + C_{oper})$$

Donde:

- $C_{rod}$  = Costo mantenimiento proveedor (vehículo) por distancia recorrida
- $C_{gas}$  = Costo combustible acorde a la distancia (30 km por galón)
- $C_{peaje}$  = Costo peajes por ruta
- $C_{Hosp}$  = Costo de hospedaje si la distancia supera los 200 km
- $C_{oper}$  = Costos adicionales de operación

La asignación de proveedores a clientes se realiza con base en la menor distancia disponible para minimizar los costos de transporte.

### 8.2.3.2 Restricciones del modelo

- a) Si un proveedor de servicio técnico debe desplazarse a más de 200 km desde su lugar de origen hasta el cliente, se le debe pagar hospedaje.

$$C_{Hosp} = 200.000 \times D_{servicio} \times Z_i$$

Donde:

El costo del hospedaje está estandarizado en \$200.000 por noche.

$z_i = 1$  si el proveedor requiere hospedaje, 0 en caso contrario

$z_i = 1$ , si la distancia  $d_i \geq 200$  km de lo contrario 0

- b) La capacidad de atención diaria es 10 horas por proveedor:

El tiempo necesario para atender las colmenas de un cliente es

$$T_{servicio} = \frac{N \text{ colmenas}}{6}$$

El # de días de servicio se obtiene de:

$$D_{servicio} = \frac{T_{servicio}}{10}$$

- c) Asignación de proveedores

A cada cliente se le asigna el proveedor más cercano de cada tipo: insumo, biológico y técnico. Debe tener al menos 1 proveedor de cada tipo.

$x_{i,j} \text{ insumo}$

= 1 si el proveedor  $j$  de insumos atiende al cliente  $i$ , 0 en caso contrario

$x_{i,j} \text{ bio}$

= 1 si el proveedor  $j$  de biológicos atiende al cliente  $i$ , 0 en caso contrario

$x_{i,j}técnico$

= 1 si el proveedor  $j$  de técnico atiende al cliente  $i$ , 0 en caso contrario

$$\sum_{j \in \text{proveedores}} X_{i,j} \text{insumo} \geq 1, \forall i$$

$$\sum_{j \in \text{proveedores}} X_{i,j} \text{biológico} \geq 1, \forall i$$

$$\sum_{j \in \text{proveedores}} X_{i,j} \text{técnico} \geq 1, \forall i$$

Se usa la fórmula de Haversine para calcular la distancia geográfica entre clientes y proveedores.

d) Orden de atención

- Los pedidos se ordenan por fecha de servicio.
- Si hay varias órdenes para la misma fecha, se prioriza por nivel de prioridad del cliente
- Si la prioridad es la misma, se ordena por distancia (clientes más cercanos primero).

e) Minimización distancia

Para minimizar la distancia total recorrida se usó el algoritmo de Dijkstra

$$d_{i,j} \leq d_{i,k} + d_{k,j}, \forall i, j, k$$

Donde

$d_{i,j}$  es la distancia directa entre el cliente  $i$  y el cliente  $j$

$d_{i,k}$  es la distancia entre el cliente  $i$  y un nodo intermedio  $k$

$d_{k,j}$  es la distancia entre el nodo intermedio  $k$  y el cliente  $j$

La variable  $k$  es un nodo intermedio entre la ruta que se genera entre dos clientes  $i$  y  $j$  la distancia entre  $i$  y  $j$  nunca puede ser mayor que la suma de las distancias a través de un tercer punto  $k$

### 8.2.3.3 Selección de la metaheurísticas de resolución

Para resolver el problema de generación de pedidos de la empresa New Ecology se utilizaron las siguientes metaheurísticas

a) Algoritmo de Dijkstra: Para encontrar la ruta más corta entre clientes y proveedores (Dijkstra, 1959).

b) Heurística del Vecino Más Cercano: esta técnica genera una solución inicial rápida eligiendo el siguiente punto más cercano para visitar (Taha, 2017).

c) Algoritmo de Haversine: Para calcular las distancias entre las ubicaciones de las colmenas, se utilizó el algoritmo de Haversine. Este algoritmo, que tiene en cuenta la curvatura de la Tierra, proporciona estimaciones de distancia más precisas que las fórmulas de distancia euclidiana. La fórmula de Haversine se define como:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$
$$c = 2 \cdot \text{atan2}\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right)$$
$$d = R \cdot c$$

Donde:

- $\varphi_1, \varphi_2$  son las latitudes de los puntos en radianes.
- $\lambda_1, \lambda_2$  son las longitudes de los puntos en radianes.
- $R$  es el radio de la Tierra (aproximadamente 6,371 km).
- $d$  es la distancia entre los dos puntos en kilómetros.

d) VRP: Para designar, si es necesario, el mismo proveedor (vehículo) para varios clientes dependiendo si esto genera un mejor costo beneficio para la empresa.

**8.2.3.4 Supuestos a tener en consideración.** Durante el proceso de generación de datos y diseño del modelo se realizaron algunos supuestos operacionales, los cuales se detallarán a continuación:

Primero: la estandarización del servicio fue necesaria debido a que no se contaba con un estudio de tiempos o movimientos por parte de la empresa. Además, la compañía tiene como objetivo capacitar a todos sus proveedores para que el servicio técnico genere un valor agregado para sus clientes y sea en lo posible un modelo replicable.

Segundo: se asumió que la disponibilidad de los proveedores siempre está garantizada toda vez que - acorde a la gerencia de la compañía- la planeación de servicios junto con la implementación de los sensores de monitoreo permitirá prever un servicio técnico con al menos una semana de antelación. Hoy en día, sin los sensores, la empresa tiene una postura reactiva a la necesidad de sus clientes lo que no le permite planear con tiempo la mejor alternativa de abastecimiento.

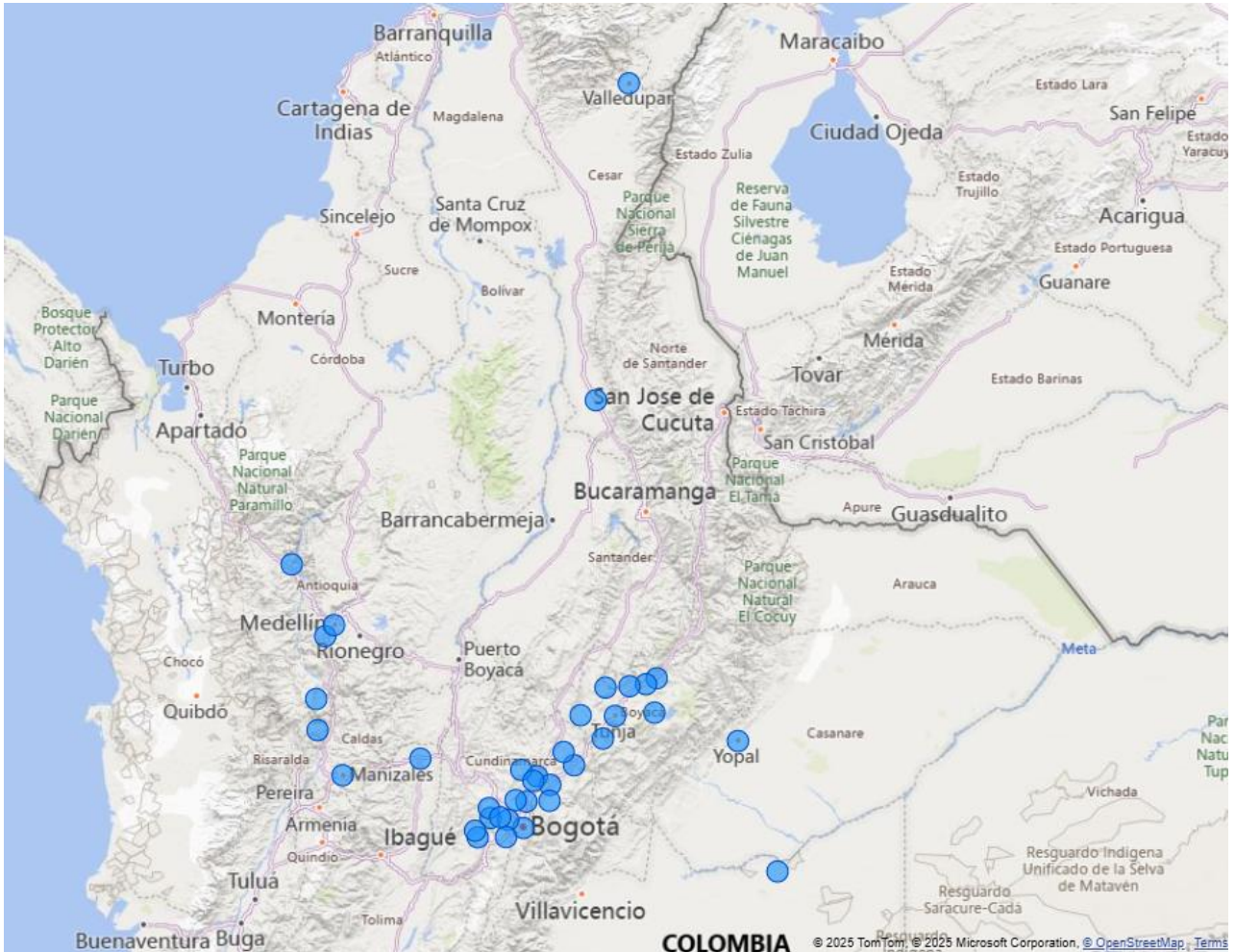
Tercero: no se contempló variables como tráfico, estado de las vías, restricciones de movilidad ni vehículos diferentes ya que no forman parte del alcance de este trabajo.

#### **8.2.4 Resultados**

Para mostrar los resultados se simuló la demanda de servicios para cinco clientes en una misma fecha, comparando el método manual (método actual) con el modelo optimizado. Se mapearon sus ubicaciones, encontrando que la mayoría se concentraban en el centro del país y algunas en la zona cafetera y antioqueña. La Figura 13 muestra su distribución geográfica.

**Figura 13**

*Ubicación geográfica de los clientes.*



*Nota: Elaborado en PowerBI con las ubicaciones de latitud y longitud de cada cliente.*

La Tabla 8 presenta el detalle del ejercicio realizado con cinco clientes, considerando la prioridad asignada por la gerencia general según la base de datos (Anexo F).

**Tabla 8**

*Ejercicio de simulación con servicios para 5 clientes simultáneamente.*

Cliente ID	Nombre Cliente	Fecha de Servicio	Prioridad
C14	FRUTOS DE TENJO SAS	25/03/25	Alta
C02	AGROPECUARIA E INVERSIONISTA AGUAZUQUE SA	25/03/25	Alta
C04	BERRIES VALLEY SAS	25/03/25	Baja
C12	FANTASY FLOWERS SAS	25/03/25	Media
C20	RESERVA NATURAL EL GLOBLO SAS	25/03/25	Media

*Nota: elaboración propia*

Después de correr el modelo, se obtuvieron los resultados de los costos en ambos escenarios (Tabla 9). Se concluyó que el modelo optimizado permitiría un ahorro de \$457.954 en esta ruta de prestación del servicio y reduciría el tiempo en cinco días, priorizando costos y tiempos de los proveedores, a pesar de recorrer 60 km más y extender el servicio diario en 65 minutos diarios. El ahorro se logró al consolidar las entregas en tres rutas en lugar de cinco, lo que redujo el número de vehículos en operación de cinco a tres y disminuyó los desplazamientos de ocho a tres días.

**Tabla 9**

*Resultados de optimización de rutas del servicio de polinización.*

Variable	Ruta sin optimizar	Ruta Optimizada	$\Delta$
Nº rutas arrojadas por el modelo	5	3	- 2
Distancia (km)	630	690	+ 30
Tiempo (min)	802	867	+ 65
Días	8	3	- 5
Costo	\$1.576.487	\$1.118.533	- \$457.954

*Nota: Elaboración propia.*

Según las proyecciones mensuales de la compañía, considerando clientes con prioridad alta y media, se estima un total de 7 rutas/mes, con un promedio de 3 clientes por ruta.

Basándose en el ahorro obtenido en la simulación (\$457.954 por 5 clientes), se proyecta un

ahorro mensual de aproximadamente \$1.831.816, equivalente a \$91.591 por cliente, para un total de 20 clientes al mes, según lo registrado en el Anexo F, pestaña "prioridad".

Es importante destacar que esta estimación se basa en la simulación realizada y no constituye una cifra exacta, ya que la demanda de servicios varía según las necesidades de cada cliente y su disponibilidad.

El detalle de los resultados, así como la estructura del modelo, los parámetros y las restricciones, se encuentran en el Anexo F.

### **8.2.5 Consideraciones de implementación**

El modelo se implementará inicialmente en una macro en Excel accesible para la empresa New Ecology SAS.

Se debe considerar que todos los equipos de trabajo que se vayan a usar tengan habilitada la opción de compatibilidad de macros.

La base de datos de clientes, proveedores, costos y restricciones logísticas deben estar actualizadas en todo momento y bien configurados acordes al modelo.

Probar el modelo con diferentes escenarios para evaluar posibles errores.

Capacitación básica a la(s) personas que vayan a usar el modelo no solo en cómo usarlo sino en como actualizar la base de datos sin afectar el código de programación en aras de no afectar su funcionamiento.

Incluir el uso del modelo dentro de los procesos de la compañía que se vean afectados por el mismo, para actualizarlos y aplicarlos en la vida real.

### **8.2.6 Plan de Implementación**

La muestra el plan de implementación que establece la hoja de ruta para la adopción y puesta en marcha del modelo de gestión de rutas de servicio en la empresa. Su objetivo es garantizar una transición ordenada y lo más sencilla posible para que la empresa pueda validar su funcionamiento, capacitar al equipo, y optimizar la planificación logística. El proceso se

desarrollará en cinco fases durante 10 semanas: preparación, pruebas, capacitación, implementación y monitoreo.

**Figura 14**

*Plan de implementación del modelo diseñado.*



Nota: *Elaboración propia. (S)=semana.*

### 8.3 Integración de los principios de sostenibilidad en la optimización logística del servicio de polinización dirigida.

El cambio climático ha tenido un gran impacto en la apicultura y en la agricultura en general. Ha afectado la disponibilidad de recursos florales, la estabilidad de los ecosistemas y ha facilitado la propagación de plagas y enfermedades. Todo esto pone en riesgo la eficiencia y sostenibilidad de la polinización, un servicio vital para la producción de cultivos frutales. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias que ayuden a mitigar estos efectos y garanticen la viabilidad de la apicultura a largo plazo (Van Espen et al., 2023).

New Ecology SAS, una empresa enfocada en la polinización dirigida, se enfrenta al reto de optimizar sus operaciones logísticas mientras minimiza su impacto ambiental. Integrar

principios de sostenibilidad en la planificación y ejecución de sus servicios es necesario para reducir costos operativos, mejorar la eficiencia y disminuir el impacto ambiental. Una de las estrategias más efectivas para lograr esto es la optimización de rutas a través del modelo Vehicle Routing Problem (VRP) que según Chopra & Meindl (2019), ayuda a reducir las distancias recorridas, optimizar el número de vehículos utilizados y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Entendiendo que implementar estas estrategias en New Ecology SAS es una gran oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y consolidar un modelo de negocio que esté alineado con los principios de sostenibilidad, se buscó una aproximación para calcular el impacto ambiental comparado, de las rutas sin optimizar y el modelo optimizado, utilizando los datos suministrados por la compañía.

Se optó por calcular la huella de carbono a partir del consumo de gasolina debido a la disponibilidad de información y a su impacto significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que según Kharissova et al. (2024), representa el 28% del total de emisiones a nivel global. La metodología utilizada para el cálculo se basó en la "Herramienta Para El Cálculo De La Huella De Carbono A Nivel Municipal" (Anexo G) desarrollada por la Corporación Autónoma Regional (CAR) (2013), en donde se ingresó la cantidad de galones consumidos en las rutas utilizadas para la simulación (ver sección 8.2.4).

Cabe resaltar que se consideró la gasolina motor como la fuente principal de combustible de los vehículos usados para realizar los cálculos. En la Figura 15 se muestra el cálculo de la huella de carbono por uso de combustible en la ruta sin optimizar.

**Figura 15**

*Cálculo de la huella de carbono (combustible) en ruta sin optimizar.*

ALCANCE 3 :		Emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O debidas al consumo de combustibles para el transporte intermunicipal. Para dividir las emisiones entre intermunicipales, se sugiere recopilar información en campo sobre la actividad vehicular entre municipios a través de aforos vehicular archivo para obtener los consumos de combustibles separados en alcance 1 y alcance 3. Consulte la sección 4.3 de la guía metodológica					
FUENTES MÓVILES							
FUENTE DE EMISIÓN DE GEI (Seleccione de la lista)	DATOS DE ACTIVIDAD (Seleccione de la lista)	CONSUMO		EMISIONES CO <sub>2</sub>			
		UNIDAD	DATO DE ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN CO <sub>2</sub>	EMISIONES CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	EMISIONES CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2e</sub> )	
Consumo de combustibles líquidos (Fuentes Móviles)	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	23,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,20	0,20
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	12,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,11	0,11
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	4,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,04	0,04
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	15,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,13	0,13
Consumo de combustibles gaseosos (Fuentes Móviles)		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
<b>SUBTOTAL COMBUSTIBLES</b>							<b>0,48</b>

*Nota:* Elaboración propia a partir de la herramienta para el cálculo de la huella de carbono (Anexo G).

Por otro lado, en la Figura 16, se muestra el cálculo de la huella de carbono por uso de combustible en la ruta optimizada.

**Figura 16**

*Cálculo de la huella de carbono (combustible) en ruta optimizada.*

ALCANCE 3 :		Emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O debidas al consumo de combustibles para el transporte intermunicipal. Para dividir las emisiones entre intermunicipales, se sugiere recopilar información en campo sobre la actividad vehicular entre municipios a través de aforos vehicular archivo para obtener los consumos de combustibles separados en alcance 1 y alcance 3. Consulte la sección 4.3 de la guía metodológica					
FUENTES MÓVILES							
FUENTE DE EMISIÓN DE GEI (Seleccione de la lista)	DATOS DE ACTIVIDAD (Seleccione de la lista)	CONSUMO		EMISIONES CO <sub>2</sub>			
		UNIDAD	DATO DE ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN CO <sub>2</sub>	EMISIONES CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	EMISIONES CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2e</sub> )	
Consumo de combustibles líquidos (Fuentes Móviles)	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	13,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,11	0,11
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	12,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,11	0,11
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	4,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,04	0,04
	Gasolina Motor (sin mezcla bioetanol)	Gal	5,00	8,809	kg CO <sub>2</sub> /gal	0,04	0,04
Consumo de combustibles gaseosos (Fuentes Móviles)		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
		0		0,000	0	0,00	0,00
<b>SUBTOTAL COMBUSTIBLES</b>							<b>0,30</b>

*Nota:* Elaboración propia a partir de la herramienta para el cálculo de la huella de carbono (Anexo G).

Como se puede observar en los resultados, la implementación del modelo de optimización logística permitió una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del transporte. Inicialmente, la entrega de los cinco servicios generaba un total de 0,48 tCO<sub>2</sub>e, sin embargo, con la optimización del ruteo, esta cifra se redujo a 0,30 tCO<sub>2</sub>e.

Este resultado se logró al consolidar las entregas en tres rutas en lugar de cinco como se hacía tradicionalmente, lo que implica una reducción de dos vehículos en operación y una disminución en los desplazamientos de ocho a tres días. Esto no solo optimizaría el uso de los recursos y disminuiría la huella de carbono, sino que también tendría un impacto positivo en la calidad de vida de los proveedores al reducir el tiempo total de trabajo sin afectar su remuneración.

Otra dimensión clave para la integración de principios sostenibles en New Ecology es el monitoreo ambiental continuo y la gestión eficiente del recurso biológico más valioso: las colmenas. El uso de sistemas IoT (Internet de las Cosas), sensores y GPS para el monitoreo en tiempo real de variables críticas como temperatura, humedad, peso y actividad, no solo optimizará la operación logística, sino que también contribuye significativamente a la sostenibilidad. Estos dispositivos permiten anticipar riesgos y problemas sanitarios en las colmenas, no solo disminuyendo el uso preventivo e indiscriminado de productos químicos o tratamientos invasivos, que pueden ser dañinos para los polinizadores y el medio ambiente en general (Gil-Lebrero et al., 2017; Pandimurugan et al., 2021) además que permite tener una planeación con antelación a la prestación de los servicios lo que directamente influye en los costos y optimización logística.

## **9. Conclusiones y Recomendaciones**

A continuación, se presentan las conclusiones de la intervención desarrollada en la empresa, sí como recomendaciones para la implementación del plan propuesto y consideraciones futuras que, aunque relevantes, no fueron abordadas por estar fuera del alcance del presente trabajo.

### **Conclusiones**

Se realizó un diagnóstico exhaustivo de la cadena de suministro del servicio de polinización dirigida en New Ecology SAS, identificando fortalezas como el enfoque en la mejora continua y debilidades como la falta de indicadores de desempeño claros y desafíos en los tiempos de respuesta en zonas alejadas y servicio al cliente.

Se analizaron modelos teóricos y buenas prácticas de gestión de la cadena de suministro, considerando el modelo de negocio de New Ecology SAS, para identificar variables pertinentes y evaluar alternativas de optimización logística y sistemas de monitoreo del servicio de polinización dirigida. Se determinó que el modelo VRP es el más adecuado para la empresa.

Se estructuró un plan de implementación del modelo diseñado, considerando las capacidades y recursos disponibles de la empresa y los potenciales beneficios en cuanto a eficiencia, competitividad y satisfacción del cliente. El modelo se implementó inicialmente en una macro en Excel.

Se analizó la integración de los principios de sostenibilidad al modelo, propendiendo por minimizar el impacto ambiental del servicio de polinización dirigida. La implementación del modelo de optimización logística permitió una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del transporte.

### **Recomendaciones y futuras investigaciones**

Se recomienda a la empresa a fortalecer la planificación estratégica, incluyendo el mapeo preciso de la demanda potencial del servicio de polinización, la aplicación eficaz de los pronósticos de demanda y el desarrollo de estrategias de marketing para aumentar el posicionamiento en el mercado y atraer nuevos clientes.

Se recomienda implementar el modelo de optimización logística diseñado en la macro de Excel, asegurando la capacitación adecuada del personal encargado de su uso y la validación continua de la información ingresada. Es crucial realizar un seguimiento constante de los resultados obtenidos, comparándolos con los datos previos a la implementación, para identificar posibles ajustes y realizar una mejora continua del modelo.

Se aconseja invertir en la implementación de tecnologías de monitoreo de colmenas, como sensores y GPS, para optimizar la operación logística, anticipar riesgos y problemas sanitarios, y reducir el uso de productos químicos o tratamientos invasivos. Se debe evaluar la viabilidad de estas tecnologías en el contexto colombiano, adaptándolas para maximizar su impacto en la agricultura local.

Se sugiere desarrollar un sistema de información integrado que permita la gestión eficiente de la cadena de suministro, incluyendo la automatización de la actualización de datos, la visualización y análisis de mejoras logísticas mediante herramientas como Power BI, y la implementación de un CRM para mejorar la gestión de clientes y proveedores.

Se recomienda que futuras investigaciones incorporen variables clave al modelo de optimización, tales como los tipos de vehículos utilizados, las condiciones del tráfico, el estado de las vías y la ubicación de los centros de distribución. En segundo lugar, se sugiere medir los costos y beneficios financieros asociados a la implementación del modelo logístico. Igualmente, se sugiere analizar el valor generado para el cliente final, fruto de la incorporación de sensores para el monitoreo de colmenas, apoyándose en herramientas de big data. Además, se plantea fortalecer el modelo mediante el uso de inteligencia artificial generativa, que permita realizar ajustes y proyecciones en tiempo real. También se considera relevante explorar el papel del área de marketing en la implementación exitosa del modelo y en la optimización de la red de proveedores de servicios de la empresa. Finalmente, se sugiere investigar nuevas metodologías, como el modelado estadístico estructural, para evaluar la relación entre las prácticas ambientales de los actores en el servicio de polinización y el desempeño logístico.

## 10. Referencias

- Abdel-Raziq, H. M., Palmer, D. M., Koenig, P. A., Molnar, A. C., & Petersen, K. H. (2021). System design for inferring colony-level pollination activity through miniature bee-mounted sensors. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82537-1>
- Aguilera, H. (2021). Implementación de procesos logísticos en la empresa “avidigital” para mejorar la satisfacción del cliente. *Journal of Business and Entrepreneurial Studie*. <https://doi.org/10.37956/jbes.v0i0.170>
- Anwar, O. (2022). *Smart Beehive Monitoring for Remote Regions* [Doctoral Thesis]. The University of Western Australia.
- Arias, E. (2017). *Análisis del mercado potencial de servicios de polinización en cultivos de aguacate (Persea sp.) con abejas (Apis mellifera). Caso Fresno, Tolima* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Baptiste, B., Moreno, R., & Claro, R. (2016). Polinizadores y polinización como servicio ecosistémico en las políticas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. In G. Nates-Parra (Ed.), *Iniciativa Colombiana de Polinizadores- Abejas - ICPA* (pp. 59–64).
- Bartolacci, M. R., LeBlanc, L. J., Kayikci, Y., & Grossman, T. A. (2012). Optimization Modeling for Logistics: Options and Implementations. *Journal of Business Logistics*, 33(2), 118–127. <https://doi.org/10.1111/j.0000-0000.2012.01044.x>
- BeeHero. (2022). *Beehero*. <https://www.beehero.io/>
- Blanco, N. (2011). Una técnica para la medición de actitudes sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, 7(1). <https://doi.org/10.31876/rcs.v7i1.25120>
- Brito, K. C. B., Ferreira, L. de O., Mendes, E. L. de A., Costa, L. T. P. da, & Vieira, A. C. A. (2024). Análise das cinco forças competitivas de porter: estudo de caso em uma empresa atacadista. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(3), e3957. <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-208>

- Carreck, N. L., Williams, I. H., & Little, D. J. (1997). The movement of honey bee colonies for crop pollination and honey production by beekeepers in Great Britain. *Bee World*, 78(2), 67–77. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1997.11099337>
- Carvalho, A. de, Nicodemo, D., & Lopes, P. R. M. (2015). Nível de conhecimento de agricultores sobre a importância dos agentes polinizadores e implicações na produtividade agrícola. *8º Congresso de Extensão Universitária Da UNESP*, 1–5.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (Novena). Pearson Education.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-added Networks*. (4th ed.). Pearson Education.
- Clausen, U., Baudach, J., Diekmann, D., Goedicke, I., Miodrag, Z., Tesch, C., Voll, R., Winter, K., & Wohlgemuth, S. (2013). *Efficiency in Logistics Facilities* (pp. 55–62). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32838-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32838-1_6)
- Corporación Autónoma Regional (CAR). (2013). *Herramienta para el Cálculo de la Huella de Carbono a nivel municipal*. <https://www.car.gov.co/vercontenido/3688>
- Coyle, J., Langley, C., Novack, R., & Gibson, B. (2013). *Administración de la cadena de suministros: una perspectiva logística*. Cengage Learning.
- Cubelli De León, J. (2023). *Optimización de distribución logística de primera milla para Marketplace en retail* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/192896>
- Dalton, J. (2019). SWOT Analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). In *Great Big Agile* (pp. 249–252). Apress. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3\\_62](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3_62)
- De La Arada Juárez, M. (2015). *Optimización de la cadena logística* (Primera). Ediciones Paraninfo. <https://www.iberlibro.com/Optimizaci%C3%B3n-cadena-log%C3%ADstica-Arada-Ju%C3%A1rez-Mercedes/19184311532/bd>

- Dijkstra, E. W. (1959). *Communication with an automatic computer* [Doctoral dissertation]. University of Amsterdam.
- Dorling, K., Heinrichs, J., Messier, G. G., & Magierowski, S. (2017). Vehicle Routing Problems for Drone Delivery. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 47(1), 70–85. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2016.2582745>
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. . . *Ecological Economics*, 68, 810–821.
- Gante, G., Sosa-Gonzalez, W.-E., Bautista-Ortega, J., Castillo, E., & Fernández, A. (2020). *Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social*.
- García, N. (2015). Las microempresas un segmento fundamental en el desarrollo empresarial y la generación de empleo en Colombia y Perú. *Horizonte Empresarial*, 2(2). <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EMP/article/view/208>
- Garver, M. S., & Mentzer, J. T. (1999). Logistics Research Methods: Employing Structural Equation Modeling To Test for Construct Validity. *Journal of Business Logistics*, 20(1), 33–57. [https://doi.org/10.1002/\(ISSN\)2158-1592](https://doi.org/10.1002/(ISSN)2158-1592)
- Gil-Lebrero, S., Quiles-Latorre, F. J., Ortiz-López, M., Sánchez-Ruiz, V., Gámiz-López, V., & Luna-Rodríguez, J. J. (2017). Honey Bee Colonies Remote Monitoring System. *Sensors*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/s17010055>
- Gil-Lebrero, S., Quiles-Latorre, F., Ortiz-López, M., Sánchez-Ruiz, V., Gámiz-López, V., & Luna-Rodríguez, J. (2016). Honey Bee Colonies Remote Monitoring System. *Sensors*, 17(12), 55. <https://doi.org/10.3390/s17010055>
- Girotti, S., Ghini, S., Ferri, E., Bolelli, L., Colombo, R., Serra, G., Porrini, C., & Sangiorgi, S. (2020). Bioindicators and biomonitoring: honeybees and hive products as pollution impact

- assessment tools for the Mediterranean area. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5(3), 62. <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00204-9>
- Griffis, S. E., Bell, J. E., & Closs, D. J. (2012). Metaheuristics in Logistics and Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 33(2), 90–106. <https://doi.org/10.1111/j.0000-0000.2012.01042.x>
- Gupta, R. K., Reybroeck, W., van Veen, J. W., & Gupta, A. (2014). Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security: Vol. 1: Technological Aspects of Beekeeping. *Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:168237040>
- Hendrickx, F., Maelfait, J. P., Van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., Augenstein, I., Billeter, R., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekötter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V., & Bugter, R. (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 340–351. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2006.01270.X>
- Hernández, D. (2022). Metaheurística basada en colonia de hormigas en n etapas para problemas de alta dimensión. *Revista Investigación de Operaciones*, 484–490.
- Hernandez, H., Niebles, W., & Montenegro, A. (2018). Servicio al cliente: una opción de mejora empresarial. *Enfoque Latinoamericano*, 1(1), 61–65. <https://doi.org/10.32012/26195399/rel11201818>
- Hernández, J. (2023, August 5). Petro sigue adelante y lanza el sistema nacional de reforma agraria: “Aquí nos toca gobernar.” *El País*. <https://elpais.com/america-colombia/2023-08-05/petro-sigue-adelante-y-lanza-el-sistema-nacional-de-reforma-agraria-aqui-nos-toca-gobernar.html>

- Herrera, G., & Herrera, J. C. (2016). Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento. *Revista Venezolana de Gerencia*, 21(75).  
<https://doi.org/10.31876/revista.v21i75.21898>
- Hesse, M., & Rodrigue, J. P. (2009). Logistics. *International Encyclopedia of Human Geography: Volume 1-12*, 1–12, 277–284. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.01025-7>
- Hidalgo, L. (2022). Investigación formativa en planes curriculares de una Universidad pública de Perú. *HUMAN REVIEW. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades*, 11(Monográfico), 1–18. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.4021>
- ICA. (2023). Resolución 8390 de 2023. Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para obtener la certificación en Buenas Prácticas Apícolas (BPAP) en los predios dedicados a la producción de la especie *Apis mellifera*. In *Año CLIX No. 52.456* .  
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/col221400.pdf>
- Instituto geográfico Nacional. (2024, May 19). *Localización geográfica. Concepto, definición y relevancia actual*. Atlas Didáctico. [https://educativo.ign.es/atlas-didactico/cartografia-es/localizacin\\_geografica\\_concepto\\_definicion\\_y\\_relevancia\\_actual.html](https://educativo.ign.es/atlas-didactico/cartografia-es/localizacin_geografica_concepto_definicion_y_relevancia_actual.html)
- Islam, M. (2017). SWOT Mix and PESTEL Analysis: Effective Tools of Risk Management of Leasing Companies. *The Millennium University Journal*.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216796733>
- Jayarathna, C. P., Agdas, D., Dawes, L., & Yigitcanlar, T. (2021). Multi-Objective Optimization for Sustainable Supply Chain and Logistics: A Review. *Sustainability*, 13(24), 13617.  
<https://doi.org/10.3390/su132413617>
- Kharissova, A. B., Kharissova, O. V., Kharisov, B. I., & Méndez, Y. P. (2024). Carbon negative footprint materials: A review. *Nano-Structures & Nano-Objects*, 37, 101100.  
<https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2024.101100>

- Kite-Powell, J. (2023, June 28). IOT Sensors Make Bee Hives Smarter And Change The Pollination Deficit. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2023/06/28/using-iot-sensors-to-make-bee-hives-smarter-and-change-the-pollination-deficit/?sh=6dbb5000418f>
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303 LP – 313.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3)
- Mantere, S. (2013). What Is Organizational Strategy? A Language-Based View. *Journal of Management Studies*, 50(8), 1408–1426. <https://doi.org/10.1111/joms.12048>
- Menache, I., Pathuri, J., Simchi-Levi, D., & Linton, T. (2025). How generative AI improves supply chain management. *Harvard Business Review*.
- Min, H., & Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & Industrial Engineering*, 43(1–2), 231–249. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(02\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00066-9)
- Minsal Pérez, D., & Pérez Rodríguez, Y. (2007). Organización funcional, matricial...: En busca de una estructura adecuada para la organización. *ACIMED*, 16(4), 0–0.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352007001000010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352007001000010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Montoya-Pfeiffer, P., León Bonilla, D., Chamorro, F., & Nates-Parra, G. (2016). Apis mellifera como polinizador de cultivos en Colombia. In G. Nates-Parra (Ed.), *Iniciativa Colombiana de Polinizadores- Abejas - ICPA* (pp. 95–110). Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Moreno, R., Vélez, D., Gómez, A. J., Higuera, D., Carvajal, J., López, C. M., & Melo, D. (2018). *Iniciativa colombiana de polinizadores*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Morse, R. A., & Calderone, N. W. (2000). The value of honey bees as pollinators of u.s. crops in 2000. *Bee Culture*, 1–15.
- Nates-Parra, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores: abejas ICPA*.
- New Ecology SAS. (2022). Plan de negocio 2022-2025. In *Documentación interna*.
- Nugent, M., Quispe, J. T., Llave, A. M. T., & Morales, J. A. F. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(88), 1136–1146.
- Peiro, A. (2024, May 20). *Demanda: Qué es, características y tipos*.  
<https://economipedia.com/definiciones/demanda.html>
- Powers, R. (1989). Optimization models for logistics decision. *Journal of Business Logistics*, 10(1), 106–121.
- Retnawati, H. (2016). Proving content validity of self-regulated learning scale (The comparison of Aiken index and expanded Gregory index). *REID (Research and Evaluation in Education)*, 2(2), 155–164. <https://doi.org/10.21831/reid.v2i2.11029>
- Rivera-Gomis, J., Bubni, J., Ribarits, A., Moosbeckhofer, R., Alber, O., Kozmus, P., Jannoni-Sebastianini, R., Haefeker, W., Köglberger, H., kerl, M. I. S., Tiozzo, B., Pietropaoli, M., Lubroth, J., Raizman, E. A., Lietaer, C., Zilli, R., Eggenhöffner, R., Higes, M., Muz, M. N., ... Formato, G. (2020). Good farming practices in apiculture. *Revue Scientifique et Technique*, 38 3, 879–890. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:215756959>
- Rucker, R. R., Thurman, W. N., & Burgett, M. (2012). Honey bee pollination markets and the internalization of reciprocal benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, 94(4), 956–977.
- Runzel, M. A. S., Hassler, E. E., Rogers, R. E. L., Formato, G., & Cazier, J. A. (2021). Designing a Smart Honey Supply Chain for Sustainable Development. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 10(4), 69–78. <https://doi.org/10.1109/MCE.2021.3059955>

Sánchez, F. (2009). Una revisión de distintas formulaciones de la técnica de muestreo.

*Expresión Económica*, 23, 69–91. <https://doi.org/10.32870/eera.vi23.665>

Sánchez-Rodríguez, M. A. (2022). ¿Cómo puedo calcular el tamaño de la muestra?

Importancia en la calidad y la validez en la investigación en ciencias de la salud. *Casos y*

*Revisiones de Salud*, 4(2), 113–126. <https://doi.org/10.22201/fesz.26831422e.2022.4.2.8>

Sarkis, J. (2012). A boundaries and flows perspective of green supply chain management.

*Supply Chain Management: An International Journal*, 17(2), 202–216.

<https://doi.org/10.1108/13598541211212924>

Serna, H., & Díaz, A. (2015). Diagnóstico estratégico. In *Serie de manuales para la pequeña y mediana empresa* (Primera edición). Fondo editorial.

Sharif, M. Z., Di, N., & Liu, F. (2021). Monitoring honeybees (*Apis* spp.) (Hymenoptera: Apidae) in climate-smart agriculture: A review. *Applied Entomology and Zoology*, 57(4), 289–303.

<https://doi.org/10.1007/S13355-021-00765-3/TABLES/1>

SIOC. (2020). *La cadena de la abejas*. <https://sioc.minagricultura.gov.co>

Taha, H. (2017). *Investigación de operaciones* (10th ed.). Pearson.

Tamayo, G. (2001). Diseños muestrales en la investigación. *Semestre Económico*, 4, 121–132.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:155611663>

Tena, D. (2023). Acerca del diseño metodológico. *Grafica*, 11(21), 05–08.

<https://doi.org/10.5565/rev/grafica.277>

Thorlakson, T., Hainmueller, J., & Lambin, E. F. (2017). *Improving environmental practices in agricultural supply chains: The role of company-led standards*.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.006>

Tseng, M. L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., & Afrin, S. (2019). A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. *Resources, Conservation and*

*Recycling*, 141, 145–162. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.10.009>

United Parcel Service of America. (2024). *UPS: Herramientas de envío para empresas*.

<https://www.ups.com/co/es/business-solutions/business-shipping-tools.page>

Van Espen, M., Williams, J. H., Alves, F., Hung, Y., de Graaf, D. C., & Verbeke, W. (2023).

Beekeeping in Europe facing climate change: A mixed methods study on perceived impacts and the need to adapt according to stakeholders and beekeepers. *Science of The Total Environment*, 888, 164255. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164255>

Vásquez, R., Ballesteros, H., Muñoz, C. A., & Cuéllar, M. E. (2006). *Utilización de la abeja Apis mellifera como agente polinizador en cultivos comerciales de fresa (Fragaria chiloensis) y mora (Rubus glau- cus) y su efecto en la producción*. Corpoica.

Wang, J., Lim, M. K., Zhan, Y., & Wang, X. (2020). An intelligent logistics service system for enhancing dispatching operations in an IoT environment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101886.

<https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101886>

Watanabe, M. E. (1994). Pollination worries rise as honey bees decline. *Science*, 265(5176), 1170.

Wilson, D., Zhang, X., Sultani, W., & Wshah, S. (2021). Visual and Object Geo-localization: A Comprehensive Survey. *ArXiv*, *abs/2112.15202*.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245634237>

Yüksel, I. (2012). Developing a Multi-Criteria Decision Making Model for PESTEL Analysis. *International Journal of Business and Management*, 7(24).

<https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n24p52>

Zimmermann, R., & Brandtner, P. (2024). From Data to Decisions: Optimizing Supply Chain Management with Machine Learning-Infused Dashboards. *Procedia Computer Science*, 237, 955–964. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.184>